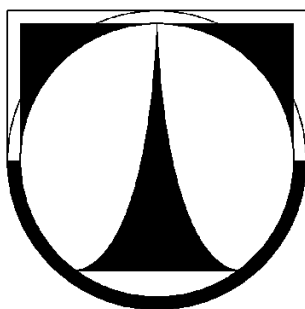


Technická univerzita v Liberci  
Fakulta strojní



Nguyen Trong Ngoc

**POROVNÁNÍ EFEKTIVITY VÝROBY SOUČÁSTI  
NA RŮZNÝCH TYPECH CNC STROJŮ**

Bakalářská práce

2013

Fakulta strojní

Technická univerzita v Liberci

Katedra výrobních systémů

Obor : Strojírenství  
Zaměření : Výrobní systémy

**POROVNÁNÍ EFEKTIVITY VÝROBY SOUČÁSTI  
NA RŮZNÝCH TYPECH CNC STROJŮ**

**COMPARISON OF EFFICIENCY OF PRODUCTION THERE  
OF THE DIFFERENT TYPES OF MACHINES CNC**

KVS - VS - 128

Nguyen Trong Ngoc

Vedoucí práce : Ing. Petr Keller, Ph.D.

Počet stran : 47  
Počet příloh : 1  
Počet obrázků : 69  
Počet tabulek : 11  
Počet modelů  
nebo jiných příloh : 0

V Liberci 22/5/2013

**TÉMA : POROVNÁNÍ EFEKTIVITY VÝROBY SOUČÁSTI  
NA RŮZNÝCH TYPECH CNC STROJŮ**

**ANOTACE :**

Bakalářská práce porovnává efektivitu výroby součásti mezi skupinou soustruhu Emco Turn E120P, frézky VMC 100 a soustružnicko-frézovacím centrem Mazak Integrex 100 – IV.

Na začátku práce se budeme seznamovat s výrobními možnostmi strojů a tvorba 3D modelu navržené součásti, návrhy technologických postupů a způsoby upínání navržené součásti na jednotlivých strojích, příprava výroby v CAD/CAM systému EdgeCAM pro navržené součásti na výše uvedených strojích, provedení obrábění a hodnocení na skutečných strojích.

**THEME: COMPARISON EFFICIENCY OF PRODUCTION PARTS  
FOR TYPES OF DIFFERENT MACHINES CNC**

**ABSTRACT:**

This thesis compares the efficiency of manufacturing parts between the group lathe Emco Turn E120P, milling machine VMC 100 and multi-tasking machining Mazak Integrex 100 – IV.

The first of work will be see the functions and operations of machines and then create a sample part by 3D model, propose design technological processes and methods of holding fixture for individual machines, preparation of production in CAD/CAM of EdgeCAM system for sample part on these machines, experiment production and assessment results on real machines.

Desetinné třídění :

Klíčová slova:

**Efektivita výroby součásti, Emco Turn E120P, VMC 100, Mazak Integrex 100 - IV, Cad/Cam Systém, EdgeCam, Analýza bodu zvrátu.**

Zpracovatel : TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Dokončeno :

Archivní označení zprávy :

Počet stran : 47

Počet příloh : 1

Počet obrázků : 69

Počet tabulek : 11

Počet modelů

nebo jiných příloh : 0

## **MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 22/5/2013

Podpis

### **Poděkování**

Na prvním místě bych rád poděkoval svým rodičům za podporu během mého studia na Technické univerzitě v Liberci. Děkuji všem, kteří se jakýmkoli způsobem podíleli na vzniku této bakalářské práce. Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Petru Kellerovi, Ph.D. nejen za ochotu kdykoli odpovědět na mé dotazy, ale i za pomoc při provedení realné výroby.

Poděkování patří i všem členům Katedry výrobních systémů, kteří mi byli, během mého studia, vždy ochotni poskytnout radu.

# OBSAH

1. Úvod.....	7
1.1. Cíle práce.....	7
1.2. Stroje.....	7
1.2.1. Soustruh Emco Turn E-120P .....	7
1.2.1.1. Popis stroje.....	7
1.2.1.2. Základní technické údaje stroje .....	8
1.2.2. Frézka VMC 100 .....	8
1.2.2.1. Popis stroje.....	8
1.2.2.2. Základní technické údaje stroje .....	9
1.2.3 Soustružnicko-frézovací centrum Mazak Integrex 100-IV.....	9
1.2.3.1 Popis stroje.....	9
1.2.3.2. Základní technické údaje stroje .....	10
1.3. EdgeCAM.....	11
1.4. Postprocesor .....	12
2. Tvorba modelu součásti .....	13
2.1. Požadavky modelu součásti.....	13
2.2. Tvorba 3D modelu součásti v Pro/ENGINEERU .....	13
3. Tvorba a simulace technologického postupu .....	14
3.1. Postprocesory.....	14
3.2. Import 3D modelu.....	14
3.3. Návrh polotovaru .....	14
3.4. Návrh technologického postupu na centru Mazak Integrex 100-IV .....	15
3.4.1. Zarovnání čela .....	15
3.4.2. Hrubování pro průměry $\varnothing 38$ , $\varnothing 24$ a dokončení pro průměry $\varnothing 38$ , $\varnothing 24$ , čela.....	16
3.4.3. Hrubování na $\varnothing 28$ levým nožem .....	16
3.4.4. Hrubování a dokončení na $\varnothing 28$ pravým nožem.....	17
3.4.5. Řezání závitu M24.....	18
3.4.6. Frézování plochy na $\varnothing 38$ .....	18
3.4.7. Hrubování a dokončení na kónický profil.....	19
3.4.8. Upíchnutí součásti .....	20
3.5. Návrh technologického postupu na soustruhu Emco Turn E-120P a frézce VMC 100 .....	21
3.5.1. Postup na soustruhu Emco Turn E-120P.....	21
3.5.1.1. Zarovnání čela .....	21
3.5.1.2. Hrubování pro průměry $\varnothing 38$ , $\varnothing 24$ a dokončení pro průměry $\varnothing 38$ , $\varnothing 24$ , čela.....	21
3.5.1.3. Hrubování na $\varnothing 28$ levým nožem .....	22
3.5.1.4. Hrubování a dokončení na $\varnothing 28$ pravým nožem.....	22
3.5.1.5. Řezání závitu M24.....	22
3.5.1.6. Hrubování a dokončení na kónický profil.....	23
3.5.1.7. Upíchnutí součásti.....	24
3.5.2. Postup na frézce VMC 100.....	24
3.5.2.1. Import 3D modelu pro frézku VMC 100 .....	24

3.5.2.2. Frézování plochy na $\varnothing 38$ .....	25
3.6. Simulace obráběcího procesu .....	25
3.7. Otevření NC kódu.....	26
4. Návrh způsobu upínání navržené součásti na jednotlivých strojích .....	27
4.1. Návrh způsobu upínání na soutruhu Emco Turn E-120P.....	27
4.1.1. Upínání pomocí 3-čelistového sklíčidla .....	27
4.1.2. Popis upínání pomocí 3-čelistového sklíčidla .....	28
4.2. Návrh způsobu upínání na frézce VMC 100.....	28
4.2.1. Upínání pomocí strojního svěráku .....	28
4.2.2. Popis upínání .....	29
4.2.3. Kontrolování upínání na frézce VMC 100.....	30
4.3. Návrh způsobu upínání na centru Mazak Integrex 100-IV .....	31
4.3.1. Popis upínání pomocí 3-čelistového sklíčidla .....	31
4.3.2. Kontrola upínání .....	32
4.3.2.1. Zjištění nulového bodu nástroje.....	32
4.3.2.2. Zjištění souřadnic nulového bodu polotovaru.....	32
5. Výroba součásti na skutečných strojích.....	33
5.1. Soutruh Emco Turn E-120P.....	33
5.2. Frézka VMC 100 .....	34
5.3. Stroj Mazak Integrex 100-IV .....	34
6. Výpočet a hodnocení.....	36
6.1. Podle jednotkových časů .....	36
6.2. Podle časů pro přípravu výroby .....	38
6.3. Podle výrobních nákladů pro výrobu navržené součásti.....	39
6.4. Návrh nejvhodnějšího CNC stroje pro obrábění navržené součásti.....	42
7. Závěr .....	44
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	45
SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESU .....	47

# **1. Úvod**

## **1.1. Cíle práce**

Je známo, že je možné obrobit jednu součást různými výrobními postupy na různých obráběcích strojích.

Cílem této práce je porovnání efektivity výroby obráběním vhodné součástí na různých typech jednoduchých CNC strojů a CNC obráběcího centra. Konkrétně zde bude porovnána výroba stejné součásti na skupině soustruh Emco Turn E-120P a frézka VMC 100 s výrobou na soustružnicko-frézovacím centru Mazak Integrex 100-IV. Tyto stroje jsou k dispozici v laboratoři CNC strojů Katedry výrobních systémů. Po obrábění součásti bude hodnocena efektivita obrábění navržené součásti a vyvozen závěr, které stroje zajistí co nejlepší efektivitu obrábění dané součásti.

Nejprve zde bude seznámeno s výrobními možnostmi CNC soustruhu Emco Turn E-120P, frézky VMC 100 a soustružnicko-frézovacího centra Mazak Integrex 100-IV. Následuje tvorba 3D modelu součásti s ohledem na následnou výrobu na výše uvedených strojích (tj. soustružení i frézování). Třetím krokem jsou návrhy technologických postupů a způsoby upínání navržené součásti na jednotlivých strojích. Bude provedena příprava výroby v CAD/CAM systému EdgeCAM pro navržené součásti na výše uvedených strojích. Čtvrtým krokem je obrábění na skutečných strojích a provedení porovnání a hodnocení ze dvou způsobů obrábění.

## **1.2. Stroje**

Tato kapitola představuje výrobní možnosti CNC soustruhu Emco Turn E-120P, frézky VMC 100 a soustružnicko-frézovacího centra Mazak Integrex 100-IV.

Bude seznamovat s potřebnými technologicko-konstrukčními údaji o strojích a možnostech jejich řízení (rotační osy, počet nástrojových hlav, otáčkové řady, schopnosti řídicího systému, apod.).

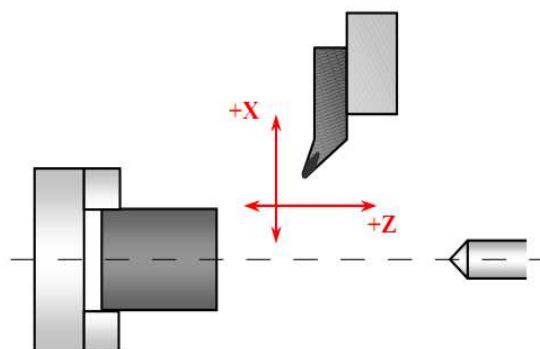
### **1.2.1. Soustruh Emco Turn E-120P**

#### **1.2.1.1. Popis stroje**

Emco Turn E-120P je počítačem řízený soustruh s řídicím systémem Emcotronic TM02. Jedná se o dvouosý stroj, který má souvislé řízení dráhy nástroje v obou osách X, Z se stálou polohovou zpětnou vazbou a synchronizací posuvových mechanismů. Osy jsou poháněny krokovými motory. Řízení dráhy nástroje je uskutečněno pomocí kuličkového šroubu s předepjatou kuličkovou maticí. Stroj je vybaven revolverovou hlavou s rovnoběžnou osou vřetena, do které je možno upnout až 8 nástrojů, šikmým ložem, které umožňuje snadný odvod třísek a bohatým příslušenstvím. Dále je vybaven pneumatickým koníkem a pneumatickým sklíždilem, popř. kleštinami. Jeho přednostmi jsou vysoká přesnost, spolehlivost a jednoduchá obsluha. Díky tomu je ideálním zařízením pro obrábění mnoha různými operacemi menších členitých součástí z barevných kovů a plastů. [2]



Obr.1 - Soustruh Emco Turn E-120P



Obr.2 - Souřadný systém na Emco Turn E-120P [1]

### 1.2.1.2. Základní technické údaje stroje

#### Pracovní rozsah:

- Oběžný průměr nad ložem ..... 180 mm
- Oběžný průměr nad příčným suportem ..... 75 mm
- Největší soustružená délka ..... 160 mm
- Největší průměr obrobku ..... 90 mm

#### Pracovní vřeteno:

- Průchodnost vřetena ..... 20.7 mm
- Rozsah otáček ..... 150 - 4000 ot/min

#### Hlavní pohon:

- Výkon stejnosměrného motoru ..... 2.2/4 KW
- Max. krouticí moment ..... 23 Nm

#### Posuvové pohony:

- Posuv v osách X a Z ..... 1-2000 mm/min
- Rychloposuv ..... 3 m/min
- Posuvová síla ..... 2000 N

#### Revolverová hlava:

- Počet míst v zásobníku pro nástroje ..... 8
- Max. průměr kuželové stopky vrtáku ..... 12 mm. [2]

## 1.2.2. Frézka VMC 100

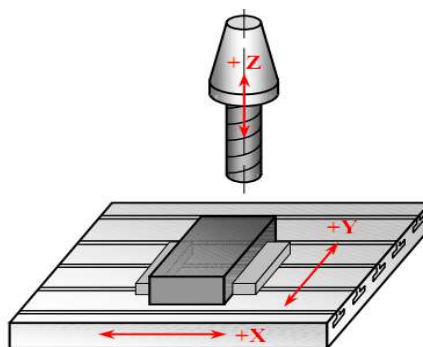
### 1.2.2.1. Popis stroje

Frézka VMC 100 je obráběcí CNC stroj s řídicím systémem Mikroprog. Souvislé řízení dráhy nástroje probíhá ve třech souřadných osách, které mají stálou polohovou proudovou zpětnou vazbu se synchronizací posuvových pohonů. Pohyb dráhy nástroje se uskutečňuje prostřednictvím krokového motoru a posuvového kuličkového šroubu s předepnutou kuličkovou maticí. Stroj má velmi vysokou přesnost, spolehlivost a vyznačuje se jednoduchostí obsluhy. Stroj je vybaven otočnou bubnovou nástrojovou hlavou s možností upnutí až 10 nástrojů, s řídicí logikou a chlazením nástrojů. Stroj je dodáván s bohatým příslušenstvím. Stroj umožňuje operace frézování a vrtání. Při vrtání do oceli jsou doporučeny následující maximální hodnoty: otvory do průměru 10 mm. Svými rozměry je stroj ideálním zařízením pro obrábění mnoha různými operacemi menších členitých součástí z barevných kovů a plastů. [3]





Obr. 3 - Frézka VMC 100



Obr. 4 - Souřadný systém na stroji VMC 100 [1]

### 1.2.2.2. Základní technické údaje stroje

#### **Pracovní rozsah:**

- Podélný pojezd saní (v ose X) ..... 185 mm
- Příčný pojezd saní (v ose Y) ..... 95 mm
- Svislý pojezd saní (v ose Z) ..... 200 mm
- Využitelný zdvih pro obrábění (v ose Z) ..... 100 mm

#### **Frézovací stůl:**

- Plocha stolu ..... 420 x 125 mm
- Maximální zatížení stolu ..... 10 kg
- Počet T – drážek ..... 2
- Šířka drážky / rožteč ..... 11/90 mm

#### **Pohon frézovacího vřetene:**

- Výkon hlavního motoru ..... 0.64 KW
- Rozsah otáček ..... 10-4000 ot/min
- Max. krouticí moment ..... 6.7 Nm

#### **Posuvové pohony:**

- Posuv v osách X, Y a Z ..... 1-2000 mm/min
- Rychloposuv ..... 3 m/min
- Posuvová síla ..... 1800 N

#### **Zásobník nástrojů:**

- Počet míst v zásobníku pro nástroje ..... 10. [3]

### 1.2.3 Soustruho-frézovací centrum Mazak Integrex 100-IV

#### 1.2.3.1 Popis stroje

Stroj Mazak Integrex 100-IV je vybaven CNC řídicím systémem MAZATROL Matrix. Jeho konstrukce je taková, aby nabídl vyšší produktivitu a výkonnější obrábění. Jedná se o 5 osé obráběcí centrum, kde je možné obrábět na jedno upnutí frézováním nebo soustružením. Vřeteno nástroje je možné naklopit kolem osy B, je tak možné ho ustavit do požadovaného úhlu v rozsahu 225°.

Vřeteno nástroje má vlastní motor pro upnutí pevných i poháněných nástrojů. Jeho součástí je šnekový převod s valivými segmenty bez vůle. Mohutné lože mají skvělé vlastnosti při tlumení kmitů a je tak možné využít výkon stroje v plném rozsahu.

Pro využití max. otáček stroje je hlavní vřeteno uloženo ve velkodimenzových ložiscích. Jelikož je stroj vybaven osou C, je tak možné obrábět i tvarově složitější obrobky.

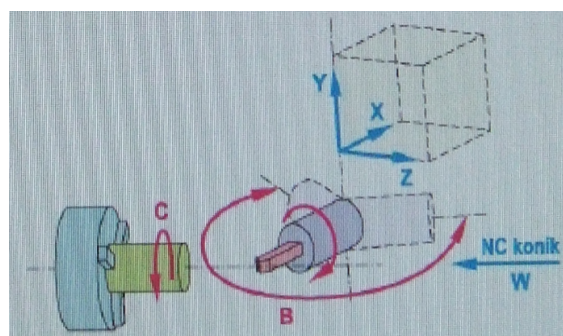
Stroj je také vybaven osou Y, jejíž konstrukce je taková, že řeznou sílu rozkládá do dvou směrů, čímž se zvýší tuhost při obrábění. Pojezdem v ose Y lze obrábět i mimo osu.

Počet míst v zásobníku pro nástroje je 20 pozic, avšak v pracovním prostoru je pouze jeden nástroj upnutý v nástrojovém vřetenu. Ostatní nástroje jsou v zásobníku a tak nezabírají místo v pracovním prostoru. Kombinace upnutí nástrojů pro různé operace umožňují obrobení na jedno upnutí.

Použitím lineárního vedení u soustruhu je zajištěna vysoká rychlost a přesnost polohování, nízkým koeficientem tření nedochází k trhavým pohybům. Při polohování vzniká malé množství tepla, a je tak zvýšena přesnost obrábění. [4]



Obr.5 - Stroj Mazak Integrex 100-IV



Obr.6 - Souřadný systém stroje Mazak Integrex 100-IV

### 1.2.3.2. Základní technické údaje stroje

#### **Kapacita:**

- Velikost sklíčidla hlavního vřetena ..... 6 "
- Maximální obráběný průměr ..... 545 mm
- Maximální délka obrábění ..... 518 mm

#### **Hlavní vřeteno:**

- Maximální otáčky hlavního vřetena ..... 6000 min<sup>-1</sup>
- Výkon motoru (30 minut hodnocení) ..... 11,0 kW

#### **Frézovací hlava:**

- Maximální otáčky frézovacího vřetena ..... 12.000 min<sup>-1</sup>
- Výkon motoru (20% ED hodnocení) ..... 5.5 kW

### **Napájecí osy:**

- Rozsah zdvihu X ..... 410 mm
- Rozsah zdvihu Z ..... 570 mm
- Rozsah zdvihu Y ..... 140 mm
- Rozsah zdvihu B ..... 225°

**Počet nástrojů:** ..... 20. [5]

### **1.3. EdgeCAM**

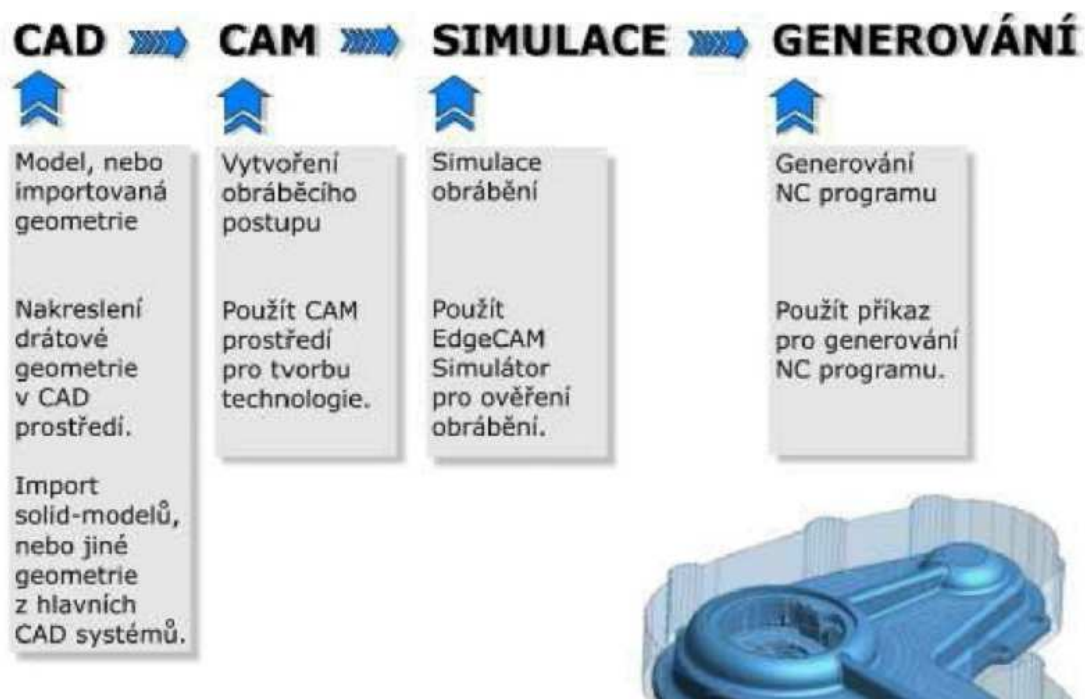
Pro simulace obrábění a tvorbu obráběcího postupu je použita školní verze CAD/CAM systému EdgeCAM 2012. EdgeCAM je software pro počítačem podporovanou výrobu (CAM – Computer Aided Manufacturing), umožňující tvorbu obráběcích strategií a generování NC programů vycházejících z CAD modelů. EdgeCAM umožňuje zpracování objemových i plošných modelů. Tyto modely lze vytvořit ve všech běžných CAD systémech včetně Autodesk Inventoru, Pro/ENGINEER, SolidWorks apod. Pomocí programu lze vytvářet CNC kódy 2 až 5-osých frézovacích cyklů, tvarové i prizmatické frézování, komplexní víceosé soustružení, frézování s podporou pro soustružení a další možnosti pro obrábění dílců pomocí drátem. [6]

Základní aplikace v EdgeCAMu:

- NC komunikace – Slouží k přenosu dat mezi PC – CNC strojem
- Editor – Slouží k jednoduché editaci, porovnání a formátování souborů s NC kódem
- Zásobník nástrojů – Database nástrojů s technologickými informacemi (řezné podmínky, korekce a rozměry nástroje,...)
- Manažer zakázek – Modul pro správu zakázek
- Asistent zakázek - Modul pro správu a přípravu nástroje dle různých parametrů
- Asistent technologie - Automaticky počítá posuvy, přísuvy a otáčky
- Konstruktor a kompilátor postprocesorů – Umožňuje vytvořit postprocesor pro konkrétní obráběcí stroj podle jeho parametrů a možností řídicího systému na základě modifikace vzorů. (Není dostupný ve studentské verzi.) [6], [7]

Součástí EdgeCam je aplikace EdgeCam Part Modelář. Jedná se o CAD aplikaci pro parametrické modelování strojních součástí. Lze v ní provádět úpravy 2D a 3D modelů a sestav, konstrukční změny součástí pomocí stromu s historií tvorby modelů. Pracuje na bázi jádra ParaSolid, který umožňuje použít procesy z jiných CAD systémů.

Pomocí Simulátoru EdgeCAM lze provádět simulaci celého obráběcího procesu, odhalit nežádoucí kolize obráběcích nástrojů, vzájemné ovlivňování mezi různými prvky obráběcího stroje, optimalizování obráběcího procesu a času. V procesu simulace jsou zobrazeny graficky nástroje a polotovary určené k obrábění. Lze také přidat upínky nebo zobrazit celý obráběcí stroj (lze ho i skrýt) a zkontrolovat kinematiku jednotlivých komponent stroje. [6]

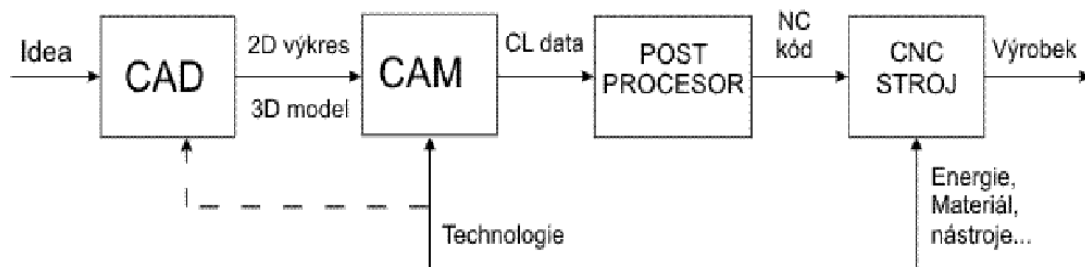


Obr.7 - Postup práce v EdgeCAMu [7]

#### 1.4. Postprocesor

Aby CNC stroj mohl vůbec obrábět, je třeba mu do řídicího systému zadat tzv. NC kód. Ten popisuje pohyby obráběcích nástrojů, řezné podmínky, nastavení stroje apod. V současné době je možné ho vytvořit třemi způsoby:

- 1) Ruční programování – Je to nejstarší způsob, kdy programátor píše kod ručně za pomoci výkresu součásti. [1]
- 2) Dílenské programování – program je vytvářen řídicím systémem stroje na základě zadaných informací o polotovaru a konečném tvaru součásti. Tento způsob je vhodný pro součásti jednoduchého tvaru. Také záleží na řídicím systému, zda tento způsob programování podporuje. [1]
- 3) Pomocí CAD/CAM systému – dnes nejrozšířenější způsob, pomocí něhož lze obrábět i ty nejsložitější tvary. Tento postup je znázorněn na následujícím schématu:



Obr. 8 - Schéma obrábění pomocí CAD/CAM systému [1]

Na začátku procesu konstruktér vytvoří 2D geometrii nebo 3D model součásti, kterou lze následně vložit do CAM systému. Pokud se jedná o CAD/CAM systém, znamená to, že je možné geometrii vytvořit přímo v tomto programu. V CAM systému se převážně definují technologické části procesu = nástroje a jejich pohyby, řezné podmínky atd. Systém pak vytvoří tzv. CL data (Cutter Location data), která se vloží do postprocesoru, který vygeneruje výsledný NC kód. Kód se pomocí např. flash disku nebo DNC systému vloží do řídicího systému stroje, který podle něj obrobí součást.

Postprocessor je softwarový převodník dat z CAD/CAM systému (CL data) do datového jazyka konkrétního obráběcího stroje (NC kód). V případě EdgeCamu obsahuje technické, technologické i geometrické údaje o stroji – z jakých částí se skládá, kolik má řízených os a jaké jsou jejich rozsahy, otáčkové řady, rychlosti posuvů a přísuvů apod. Dále obsahuje příkazy podporované řídicím systémem stroje a formáty jednotlivých bloků a příkazů v NC kódu. Každý CNC stroj má odlišný formát kódů příkazů. Proto neexistuje žádný univerzální postprocessor, ale je potřeba ho vytvořit pro každý stroj zvlášť. [8]

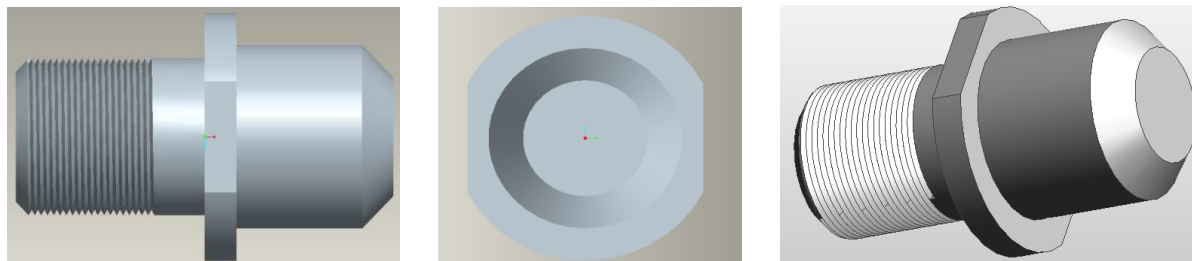
## 2. Tvorba modelu součásti

### 2.1. Požadavky modelu součásti

Součást bude obráběna na soustruho-frézovacím centru Mazak Integrex 100 – IV a skupině soustruhu Emco Turn E-120P, frézky VMC 100. Proto tvar modelu musí být vytvořen ve dvou etapách soustružením i frézováním.

### 2.2. Tvorba 3D modelu součásti v Pro/ENGINEERU

Model je vytvořen v programu Pro/Engineer verze WildFire 4. Model je válcová součást, která má závit a osazení na těle. Rotační část je vytvořena pomocí příkazu Revolve jejího profilu. Plochy byly vytvořeny pomocí příkazu Extrude – Part s koncovkou \*.prt. Osazení a závit budou zpracovány soustružením, dvě plochy budou frézovány. 2D výkres je uveden v příloze.



*Obr.9 - 3D model v Pro/Engineeru*

### 3. Tvorba a simulace technologického postupu

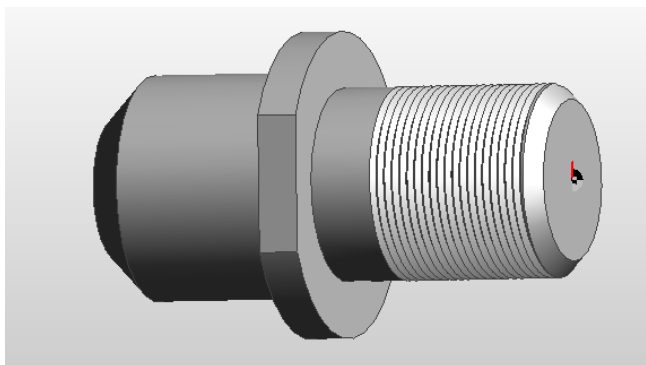
#### 3.1. Postprocesory

První a velmi důležitou částí je zapojit postprocesor. Díky němu je možné převést prostředí, vlastnosti a grafické zobrazení stroje přímo do programu EdgeCam. Dále bylo nutné, pro přesné zobrazení simulace, zavést grafiku samotných nástrojů.

V tomto tématu jsou k dispozici postprocesory: Mazak Integrex 100-IV, Emco Turn E-120P a VMC 100, které byly vytvořeny na Katedře výrobních systémů.

#### 3.2. Import 3D modelu

Vymodelovaný 3D díl s koncovkou \*.stp byl importován do programu, souřadné systémy modelu a programu EdgeCAM nejsou totožné. Proto je nutno dále model ustavit vůči počátku. Důležitým krokem je použití funkce *Polohovat pro soustružení*. Tato funkce slouží k přesnému sladění souřadného systému stroje a obrobku a definování nulového bodu W obrobku.



Obr.10 - Ustavení modelu

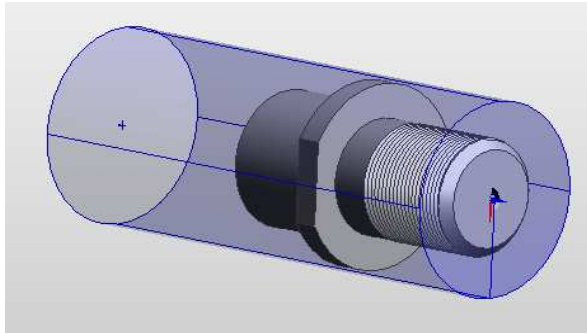
#### 3.3. Návrh polotovaru

Největší průměr na součásti je  $\varnothing 38$  a délka součásti je 60 mm. Proto byla zvolena velikost polotovaru  $\varnothing 40 - 100$  mm, z důvodu zarovnání čela obrobku byl nastaven přídavek na čele 1 mm.

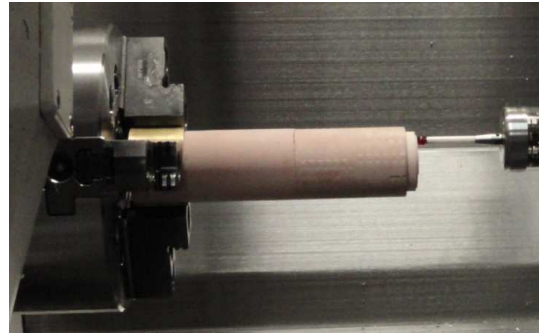
Pro snadnější obrobení byla zvolena délka polotovaru 100 mm, protože by při obrábění docházelo ke kolizi nástrojové hlavy se sklíčidlem. Tento nežádoucí jev je eliminován délkou polotovaru.

Pro frézku VMC 100 bude použit obrobek z předchozího obrábění na soustruhu Emco Turn E-120P.

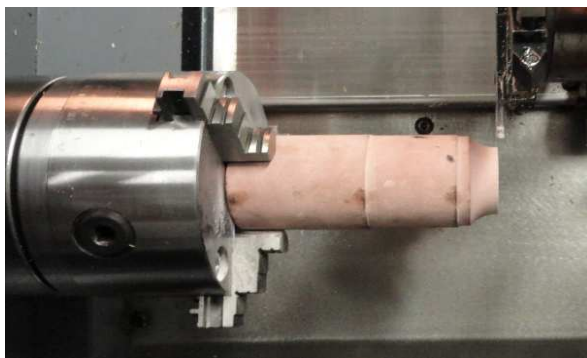




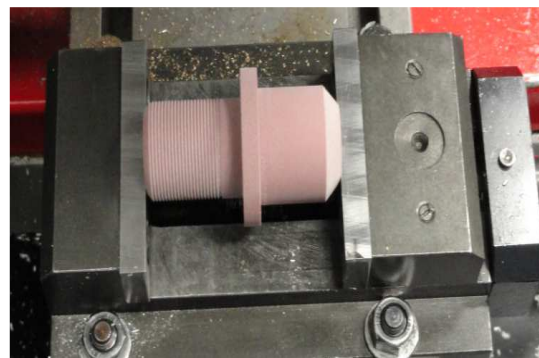
Obr. 11 - Polotovar v EdgeCamu



Obr. 12 - Polotovar na Mazak Integrex 100-IV



Obr.13 - Polotovar na Emco Turn E-120P



Obr. 14 - Polotovar na VMC 100

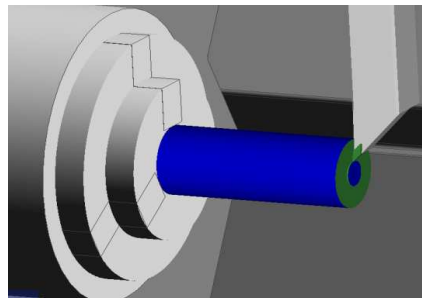
### 3.4. Návrh technologického postupu na centru Mazak Integrex 100-IV

Při tvorbě procesu je možné použít více operací. Při jejich výběru je třeba zohlednit strategii obrábění a vhodnost dané operace (strojní čas operace, trajektorii nástroje, produktivitu).

Obráběcí postup je nastaven tak, že se v první řadě osoustruží čelo obrobku, dále se bude hrubovat, dokončovat a řezat závit. Další operace jsou zaměřeny na frézování ploch. Poslední soustružnickou operací je upíchnutí.

#### 3.4.1. Zarovnání čela

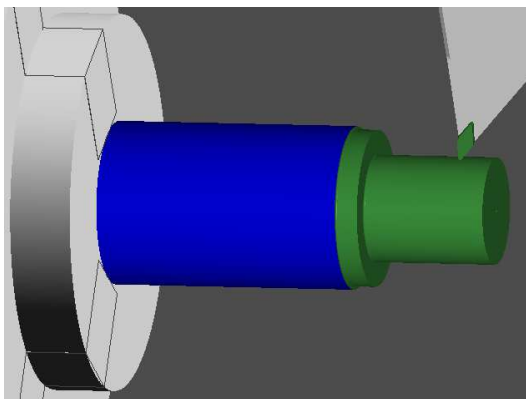
První operací je zarovnání čela pomocí funkce *Dokončení dle profilu*. Nejdříve je zapotřebí nastavit tvar profilu (konturu), který bude obráběn. Dále bude nastaven počáteční bod a poté i bod koncový. Koncový bod bude posunut směrem za střed obrobku (ve směru obrábění) z důvodu tvoření nežádoucího výčelku, který způsobuje rádius nástroje. V této operaci bude použit levý vnější nůž.



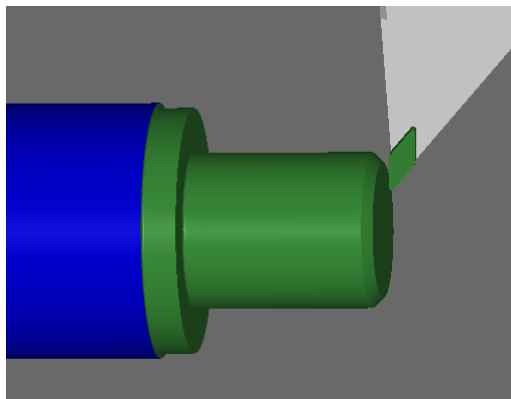
Obr.15 - Zarovnání čela v EdgeCamu

### 3.4.2. Hrubování pro průměry $\varnothing 38$ , $\varnothing 24$ a dokončení pro průměry $\varnothing 38$ , $\varnothing 24$ , čela

Další funkcí, která je využita, je *hrubování na profil*. Po operaci *hrubování* na celé osazení  $\varnothing 38$ ,  $\varnothing 24$ , bude použita opět funkce *dokončení dle profilu* pro oba průměry. Vybrán byl profil pro obrobení, kde určíme počáteční a koncový bod.



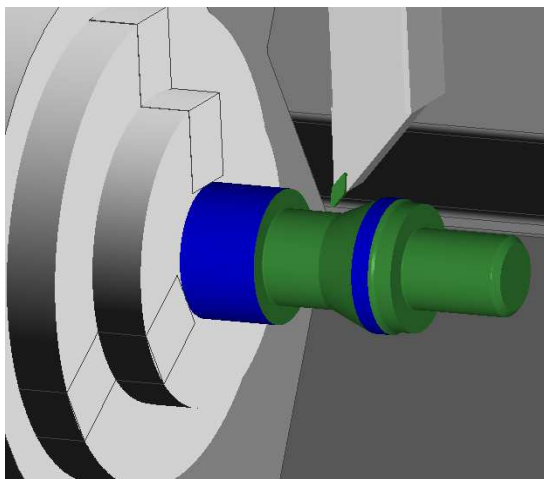
Obr.16 - Hrubování pro průměr  $\varnothing 38$ ,  $\varnothing 24$



Obr. 17 - Dokončení pro čela

### 3.4.3. Hrubování na $\varnothing 28$ levým nožem

V této operaci budeme taky používat levý vnější nůž. Obrobení na  $\varnothing 28$  musí být provedeno z části levým vnějším nožem, aby se zkrátila délka polotovaru a zamezilo kolizi nástrojové hlavy se sklídkem stroje při následném soustružení tohoto průměru pravým nožem.

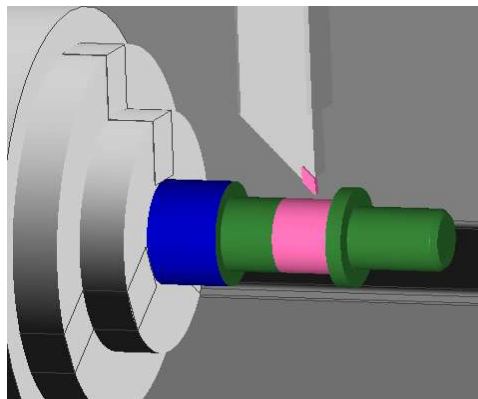


Obr.18 - Hrubování  $\varnothing 28$  v EdgeCamu



### 3.4.4. Hrubování a dokončení na Ø 28 pravým nožem

V této operaci budeme používat pravý vnější nůž. Řezné podmínky jsou stejné jako při soustružení levým nožem.



Obr.19 - Hrubování Ø28 v EdgeCamu

Technologické hodnoty operace hrubování na profil	
Nástroj	Vnější nůž
Posuv (mm/ot)	0.15
Řezná rychlost (m/min)	100
Hloubka záběru (mm)	1
Přídavek X (mm)	0.2
Přídavek Z (mm)	0.2

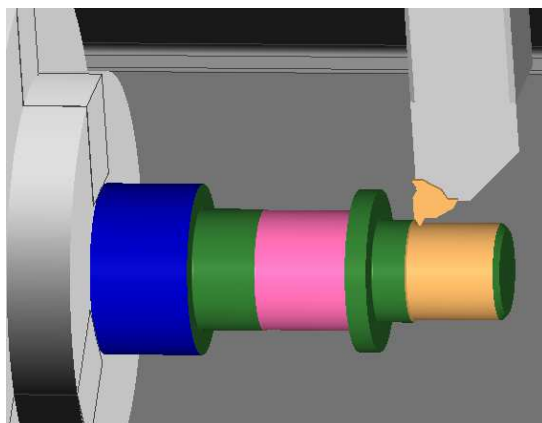
Tab. 1 – Hrubování na profil u Mazak Integrex 100-IV

Technologické hodnoty operace dokončení na profil	
Nástroj	Vnější nůž
Posuv (mm/ot)	0.1
Řezná rychlost (m/min)	120
Přídavek X (mm)	0
Přídavek Z (mm)	0

Tab. 2 – Dokončení na profil u Mazak Integrex 100-IV

### 3.4.5. Řezání závitu M24

Při této operaci byl vybrán profil pro řezání závitu, kde určíme počáteční a koncový bod. Aby určení profilu závitování bylo snadnější, bylo třeba vytvořit 2D úsečku dle požadavku *úsečka dvěma body* a určit profil řezání závitu podle této úsečky.

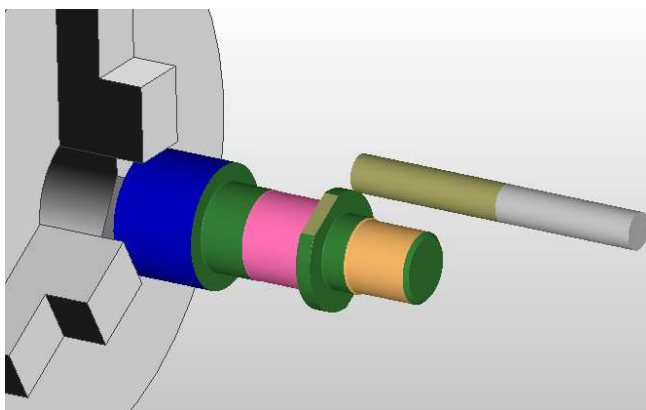


Obr.20 - Závitování v EdgeCamu

### 3.4.6. Frézování plochy na Ø 38

Pro Mazak Integrex 100 – IV byl zvolen *Rotační režim* a volíme funkci *Rotary Cartesian: ON*, to znamená, že se bude vřetenem točit kladným i zaporným směrem při frézování. Frézování bude prováděno podle profilu 2D plochy frézování dvěma etapami: hrubování a dokončení frézování. Při hrubování frézování je přípravek 0.2 mm a dokončení frézování bude bez přídatku.

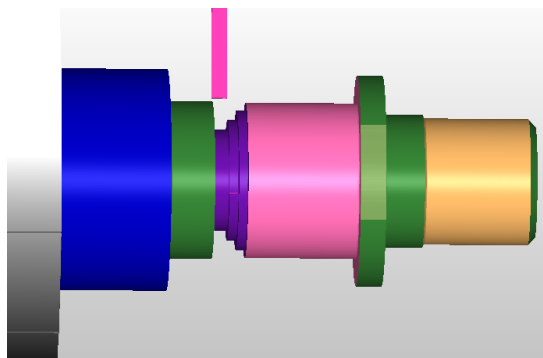
Na konci frézování je nutné označit *Rotary Cartesian: OFF*, aby se přestalo vřetenem točit.



Obr.21 - Frézování v EdgeCamu

### 3.4.7. Hrubování a dokončení na kónický profil

Pro soustružení na kónický profil budeme používat upichovací nůž. Operace se bude provádět dvěma etapami: hrubování a dokončení. Tady je označeno funkcí *pracovní posuv*.



Obr.22 - Hrubování v EdgeCamu

Technologické hodnoty operace hrubování na kónický profil	
Nástroj	Nůž upichovací pravý
Posuv (mm/ot)	0.08
Řezná rychlost (m/min)	60
Hloubka záběru (mm)	2
Přídavek X (mm)	0.2
Přídavek Z (mm)	0.2

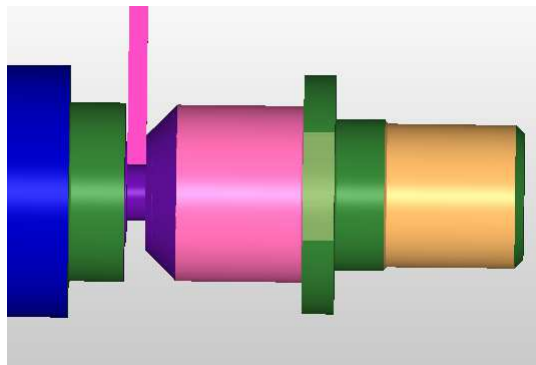
Tab. 3 – Hrubování na kónický profil u Mazak Integrex 100-IV

Technologické hodnoty operace dokončení na kónický profil	
Nástroj	Nůž upichovací pravý
Posuv (mm/ot)	0.08
Řezná rychlost (m/min)	60
Přídavek X (mm)	0
Přídavek Z (mm)	0

Tab. 4 – Dokončení na kónický profil u Mazak Integrex 100-IV

### 3.4.8. Upíchnutí součásti

Jedná se o poslední, tedy finální operaci. Součást je upíchnuta pod podstavou viz obrázek č. 24 – funkce pracovní posuv. Po skončení operace vznikne již hotový výrobek. Jako obráběcí postup byla zvolena funkce *Dokončit zápichem*.



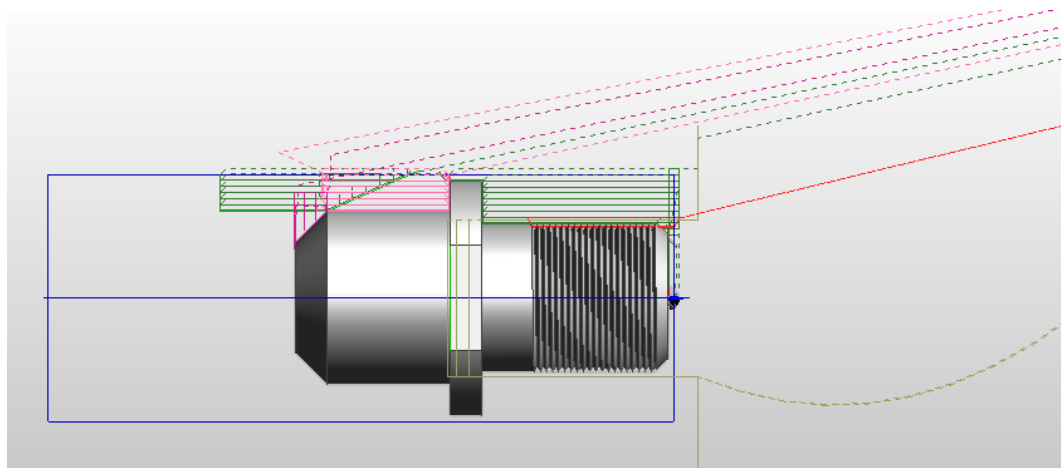
Obr.23 - Upíchnutí součásti v Edgecamu



Obr.24 - Hotový výrobek při reálné výrobě

Technologické hodnoty upichovací operace	
Nástroj	Nůž upichovací pravý
Posuv (mm/ot)	0.08
Řezná rychlost (m/min)	60

Tab. 5 – Upichovací operace u Mazak Integrex 100-IV



Obr. 25 – Dráhy nástrojů při obrábění součásti u Mazak Integrex 100-IV

### 3.5. Návrh technologického postupu na soustruhu Emco Turn E-120P a frézce VMC 100

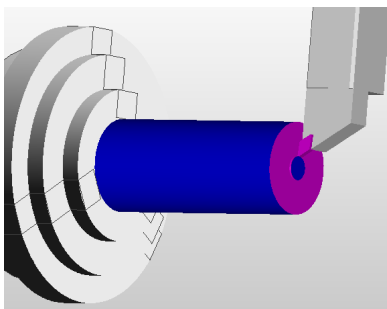
Obráběcí postup na soustruhu Emco Turn E-120P a frézce VMC 100 je hodně podobný jako u centra Mazak Integrex 100-IV. Největší rozdíl je v tom, že je nutné upínat dvakrát a upíchnutí obrobku není poslední operací celého procesu jako u centra Mazak Integrex 100-IV.

Nejprve se bude upínat a obrábět původní polotovár na soustruhu Emco Turn 120P. Obráběcí postup je nastaven tak, že se bude provádět obrábění čela obrobku, hrubování, dokončení prstencového tvaru, řezání závitu a upíchnutí obrobku. Po ukončení soustružnické operace bude obrobek přenesen na frézku VMC 100, kde bude podruhé upnut a budou obrobny plochy frézováním.

#### 3.5.1. Postup na soustruhu Emco Turn E-120P

##### 3.5.1.1. Zarovnání čela

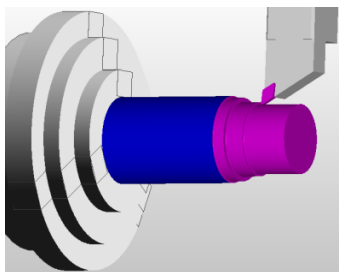
První operací je zarovnání čela pomocí funkce *Dokončení dle profilu*. Nejdříve je zapotřebí nastavit tvar profilu (konturu), který bude obráběn. Dále bude nastaven počáteční bod a poté i bod koncový. V této operaci budeme používat levý vnější nůž.



Obr.26 - Zarovnání čela v EdgeCamu

##### 3.5.1.2. Hrubování pro průměry $\varnothing 38$ , $\varnothing 24$ a dokončení pro průměry $\varnothing 38$ , $\varnothing 24$ , čela

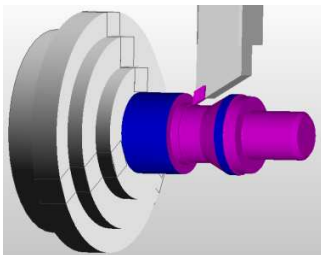
Další funkcí jsou *hrubování na profil* na celé osazení  $\varnothing 38$ ,  $\varnothing 24$  a potom bude použita funkce *dokončení dle profilu* čela, průměry  $\varnothing 38$ ,  $\varnothing 24$ . Vybrán byl profil pro obrobení, kde určíme počáteční a koncový bod.



Obr.27 - Hrubování pro průměr  $\varnothing 24$

### 3.5.1.3. Hrubování na Ø 28 levým nožem

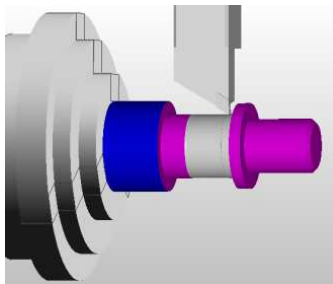
Jako u centra Mazak Integrex 100-IV, obrobení Ø 28 na soutruhu Emco Turn E-120P musí být provedeno z části levým vnějším nožem, aby se zkrátila délka polotovaru a zamezilo kolizi nástrojové hlavy se sklíčidlem stroje při následném soustružení tohoto průměru pravým nožem.



*Obr.28 - Hrubování Ø 28 v EdgeCamu*

### 3.5.1.4. Hrubování a dokončení na Ø 28 pravým nožem

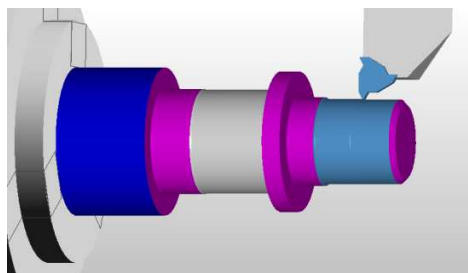
V této operaci se bude používat pravý vnější nůž. U soutruhu Emco Turn E-120P je třeba vyměnit nástroj, tedy zásobník otočit pravým nožem do pracovní polohy.



*Obr.29 - Hrubování Ø 28 v EdgeCamu*

### 3.5.1.5. Řezání závitu M24

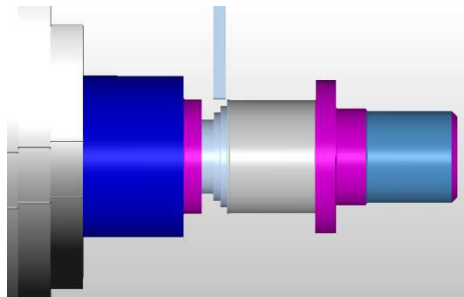
Stejně jako u centra Mazak Integrex 100-IV při této operaci bude vybrán profil pro řezání závitu, kde bude určen počáteční a koncový bod profilu. Také tady bude vytvořena 2D úsečka dle požadavku a určen profil řezání závitu podle této úsečky.



*Obr.30 - Závítování v EdgeCamu*

### 3.5.1.6. Hrubování a dokončení na kónický profil

V této operaci bude použit upichovací nůž. Operace je rozdělena na dvě etapy: hrubování a dokončení. Je tady také použita funkce *pracovním posuvem*.



Obr.31 - Hrubování v EdgeCamu

Technologické hodnoty operace hrubování na kónický profil	
Nástroj	Nůž upichovací pravý
Posuv (mm/ot)	0.08
Řezná rychlost (m/min)	60
Hloubka záběru (mm)	2
Přídavek X (mm)	0.2
Přídavek Z (mm)	0.2

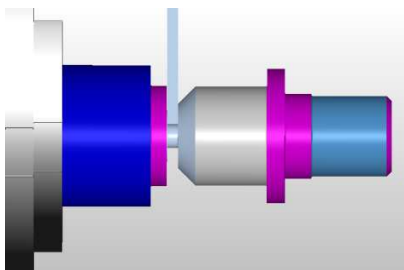
Tab. 6 - Hrubování na kónický profil u soutruhu Emco Turn E-120P

Technologické hodnoty operace dokončení na kónický profil	
Nástroj	Nůž upichovací pravý
Posuv (mm/ot)	0.08
Řezná rychlost (m/min)	60
Přídavek X (mm)	0
Přídavek Z (mm)	0

Tab. 7 - Dokončení na kónický profil u soutruhu Emco Turn E-120P

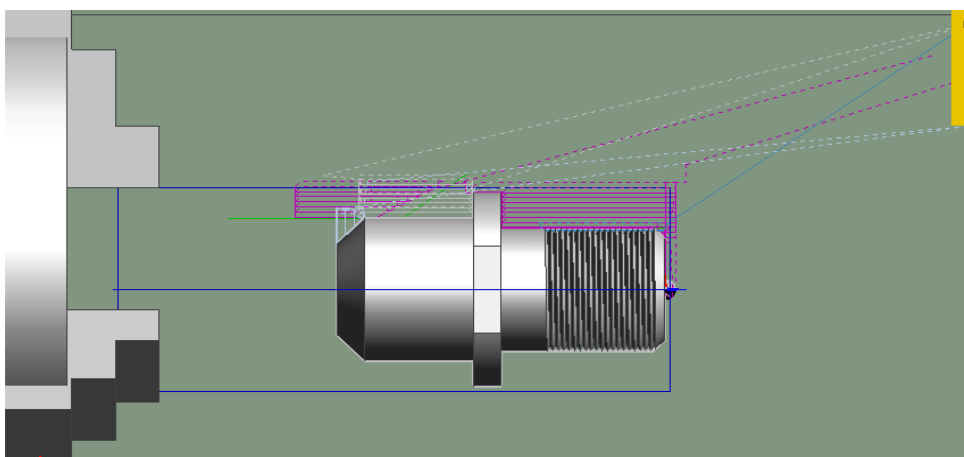
### 3.5.1.7. Upíchnutí součásti

Je poslední operace na soutruhu Emco Turn E-120P. Součást je upíchnuta pod podstavou viz obrázek č. 32 – funkce pracovním posuvem, pro obráběcí postup byla zvolena funkce *Dokončit zápich*. Po této operaci vznikne nový polotovar, který bude obráběn na frézce VMC 100.



Obr.32 - Upíchnutí součásti v Edgcamu

Obr.33 - Frézovací polotovar při reálné výrobě



Obr. 34 – Dráhy nástrojů při obrábění součásti na Emco Turn E-120P

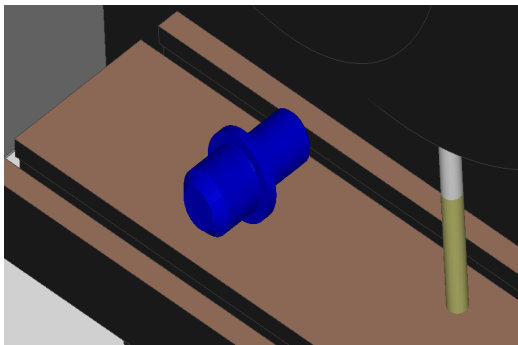
### 3.5.2. Postup na frézce VMC 100

Bude provedeno druhé upínání a obráběny plochy frézováním na frézce VMC 100. Při návrhu operací frézováním, bude použit polotovar, který vznikl bráběním na soutruhu Emco Turn E-120P. Polotovar pro simulaci procesu frézování na frézce VMC 100 byl vytvořen v okně *simulace obrábění* na soutruhu Emco Turn E-120P pomocí funkce *Uložit STL*. Tím byl získán soubor 3D STL.

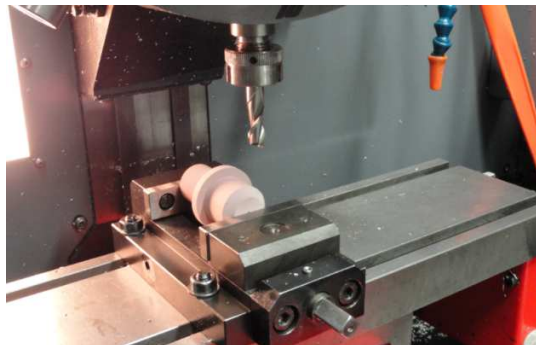
#### 3.5.2.1. Import 3D modelu pro frézku VMC 100

Soubor 3D díl STL byl importován do programu EdgeCam, ale souřadné systémy modelu a importovaného polotovaru nebyly totožné. Proto je nutno dále použít funkci *Polohovat pro frézování* a aby se otočil i polotovar, byla použita funkce *Rotace – otočení prvky okolo středu s případnou kopií*. Aby se přesunul polotovar do středu stolu frézky, byly zvoleny hodnoty přídatku *Ustavení polotovaru na stroji* – *Okna Parametry obráběcího postupu*.





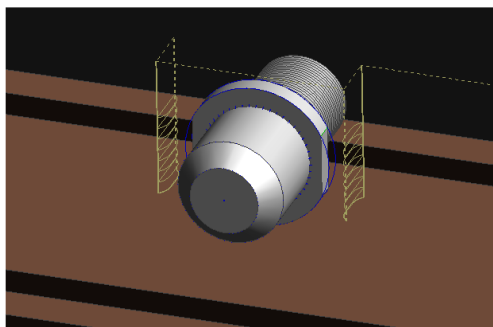
Obr.35 - Ustavení polotovaru v EdgeCamu



Obr.36 - Ustavení polotovaru při realné výrobě

### 3.5.2.2. Frézování plochy na $\varnothing 38$

Frézování se bude provádět podle profilu 2D plochy frézování a jako dvě etapy: hrubování a dokončení frézování. Při hrubování frézování je přípravek 0.2 mm a přípravek při dokončení frézování bude 0 mm. Aby bylo snazší určit profil 2D a vytvořit 2D úsečku, byla použita funkce *Geometrie z okrajů a hran*, která určuje profil frézování podle této úsečky.



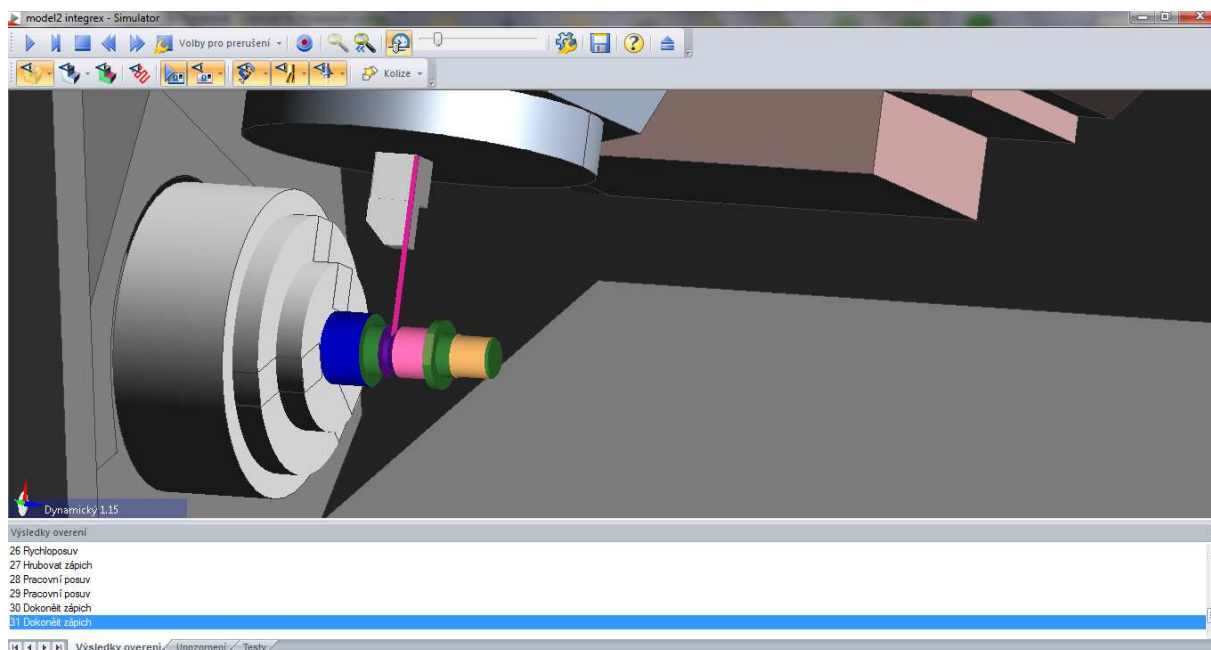
Obr. 37- Dráhy nástrojů v EdgeCamu

### 3.6. Simulace obráběcího procesu

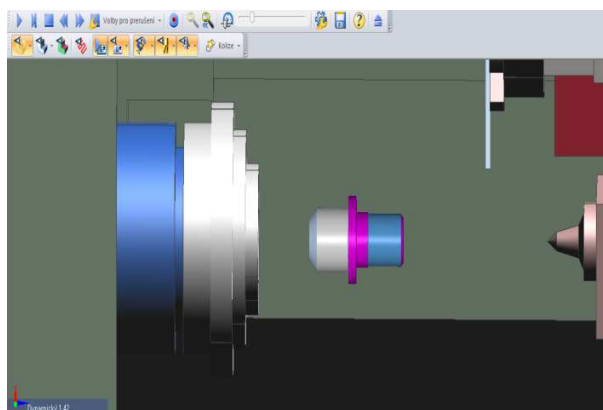
K simulaci obráběcího postupu slouží EdgeCam Simulátor viz kapitola 1.3. V simulaci jsou vidět všechny součásti stroje a obráběcí postup. Do simulátoru se lze dostat kliknutím na ikonu – Simulace obrábění z menu *Zobrazení*. V nástrojové liště *Zobrazení* můžeme zobrazit stroj, nástroj, dráhy nástroje nebo jen některou část stroje. Simulaci lze spustit v jakémkoliv kroku tvorby obráběcího procesu. Při simulaci lze zrychlit rychlosti celého procesu, zastavovat, pouštět po jednotlivých krocích, přetáčet na začátek nebo se můžeme dostat rychlým posunem na konec obráběcího postupu. Také je možné nahrávat simulace ve formátu \*.AVI. Nahrávání se spustí po kliknutí na ikonu *Zachycení snímků AVI* a spuštění simulace.

Plochy, na kterých došlo ke kolizi se zobrazí červeně. Kliknutím na *Stop* můžeme zastavit simulaci. Z toho je možné pozorovat a zjistit důvody kolize a provádět opravy.

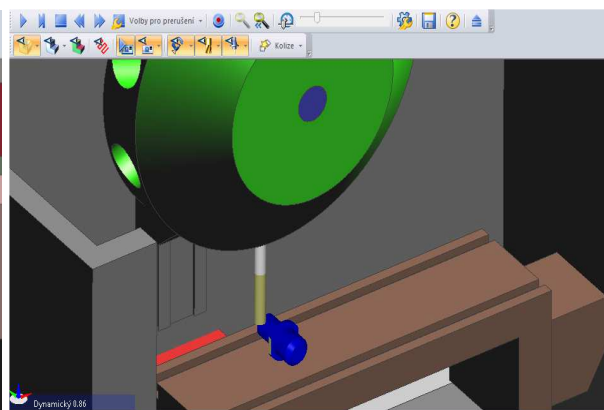
Na konci simulace lze provést srovnání výsledného obrobku s modelem vloženým do *Obrábění* v EdgeCamu. Po kliknutí na ikonu *Porovnání* se zobrazí barevný obrobek, zeleně jsou správné rozměry, modře plochy zbylého materiálu a červeně plochy podříznuté. Pokud tedy simulace proběhne bez problémů a výsledný obrobek odpovídá požadavkům, tak je možné předpokládat, že obrábění při realné výrobě bude v pořádku.



*Obr.38 – Okno simulátoru Mazak Integrex 100-IV*



*Obr.39 – Okno simulátoru Emco Turn E-120P*



*Obr.40 – Okno simulátoru VMC 100*

### 3.7. Otevření NC kódu

Po simulaci obráběcího procesu se otevře výstupní NC kód přímo z prostředí EdgeCamu. Kliknutím na ikonu Generovat NC kód se vygeneruje NC program stroje z aktivního postupu. Následně se otevře dialogové okno, kde se napíše název Soubor NC kódu, pod kterým se uloží dokument NC kódu s příponou \*.anc. V okně Editoru se zobrazí NC kód celého aktuálního obráběcího postupu. Nyní je třeba tento kód zkontrolovat a případné chyby odstranit. Pokud NC kód vyhovuje požadavkům stroje a řídicímu systému, lze přistoupit k reálnému obrábění na skutečném stroji.

## 4. Návrh způsobu upínání navržené součásti na jednotlivých strojích

Upínání je proces, ve kterém se používá upínací mechanismus, aby působil na obrobek takovými silami (velikost a směrem) za účelem ustavení polohy obrobku a proti řezným silám a vibracím v obráběcím procesu. Potom je třeba provést kontrolu přesnosti, tuhosti upínání i určení nutných souřadnic.

Upínání obrobku je záležitost, bez které se obráběcí proces neobejde. Tento proces ovlivňuje přesnost obrábění a produktivitu, proto musí splňovat následující požadavky:

- Ustavení polohy obrobku, zabránění nežádoucímu pohybu obrobku.
- Dostatečná tuhost
- Vysoká přesnost
- Rychlé a výhodné upínání – lehká manipulace
- Nepoškození a nedeformování povrchu obrobku

Způsob upínání vybíráme na základě parametrů obrobku, typu jeho zpracování a typu stroje, na němž se zpracování bude provádět. [11], [12]

### 4.1. Návrh způsobu upínání na soustruhu Emco Turn E-120P

#### 4.1.1. Upínání pomocí 3-čelistového sklíčidla

Upínání obrobků na soustruhu Emco Turn E-120P se provádí pomocí 3-čelistového sklíčidla.

Sklíčidlo je upínací přípravek, který se často používá při upínání rotačních a souměrných polotovarů. Na jedné straně je možné upínat a současně stanovit střed polotovaru. Na druhé straně ovlivňuje souměrnému středu polotovaru a souměrný střed polotovaru bude totožný se středem sklíčidla. Sklíčidla mohou být 3-čelistová, 4-čelistová nebo vícečelistová. [12]

Na soustruhu Emco Turn E120P se sklíčidlo upevňuje na vřeteno soustruhu. Vřeteno se nachází v levé části obráběcího prostoru. Vřeteno je průchozí, s vrtáním 20,7 mm, lze tedy skrz něj podávat materiál k obrábění. Do sklíčidla lze upnout maximální průměr 90 mm, je zde ale omezení velikostí nástrojů, např. délka upichovacího nůže. V ose vřetena na jeho přední ploše je umístěn nulový bod stroje – M, výchozí počátek souřadného systému.

Tímto způsobem soustruh Emco Turn E-120P je schopen upínat a obrábět tyčový materiál do délky 100 mm.



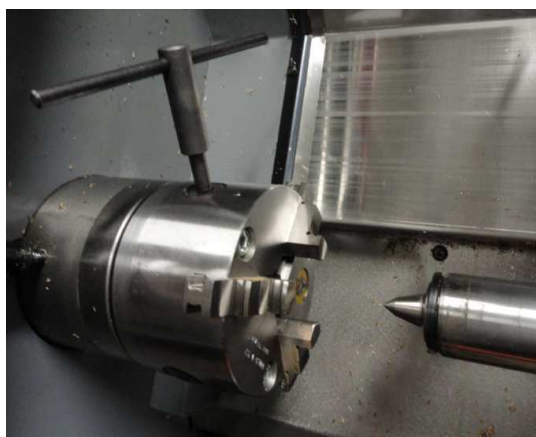
*Obr.41 – Vřeteno se sklíčidlem na soustruhu Emco Turn E-120P*

### Shrnutí vlastností upnutí 3-čelistovým sklíčidlem

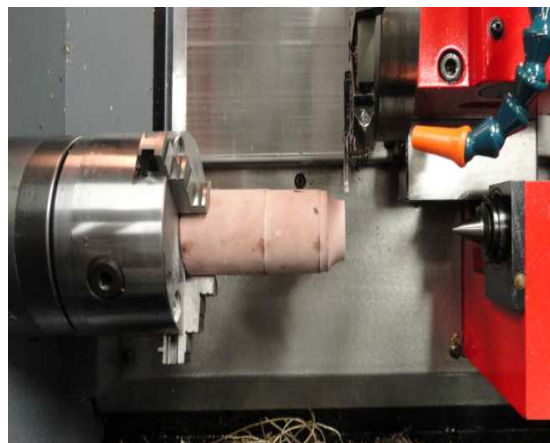
VÝHODY	NEVÝHODY
<ul style="list-style-type: none"><li>- Jednoduchá manipulace upnutí</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Upnutí kratšího polotovaru</li><li>- Nízká produktivita</li><li>- Nižší přesnost než u automatického upnutí</li></ul>

#### 4.1.2. Popis upínání pomocí 3-čelistového sklíčidla

Nejdříve je třeba zkontrolovat soustřednost sklíčidla, pak je možné pomocí klíčky roztáhnout čelisti sklíčidla – obr. 42 . Dále je třeba posunout hrot a nástrojovou hlavu do počáteční polohy. Polotovar s požadovanou velikostí je pak upnut mezi 3 čelisti sklíčidla s použitím mírné síly za účelem zabránění nežádoucí deformaci obrobku, tuhost upnutí je ručně kontrolována. Po upnutí je nutné točit vřetenem malou rychlostí a pozorovat rotaci obrobku. Vedlejší čas se dostane při reálném upínání kolem 1.5 minuty.



Obr.42 – Rozevření sklíčidla pomocí klíčky



Obr.43 – Upínání při realné výrobě

#### 4.2. Návrh způsobu upínání na frézce VMC 100

##### 4.2.1. Upínání pomocí strojního svěráku

Upínání obrobků na frézce VMC 100 se provádí pomocí strojního svěráku.

Svěráky jsou mechanismy převážně sloužící k upnutí obrobku na frézkách a vrtačkách. Strojní svěráky se rozlišují na tři základní druhy: pevný, otočný a sklopný. Pro navržený polotovar se používá pevný svěrák, který se upevňuje k základnímu frézovacímu stolu pomocí čtyř šroubů velikost M8 zakotvených ve dvou T-drážkách frézovacího stolu – obr. 45, 46, 47.

Svěráky se vyznačují především kvalitním materiálovým zpracováním, precizností a tuhostí pro přesné a pevné upnutí ubrábeného materiálu. [13]

Strojní svěrák je schopen upínat jenom jeden obrobek na jedno upnutí.

### Shrnutí vlastností upnutí svěrákem

VÝHODY	NEVÝHODY
<ul style="list-style-type: none"><li>- Možnost upnutí i těžších obrobků díky velké upínací síle</li><li>- Vysoká tuhost upnutí</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Proces upínání trvá dlouho</li><li>- Velké zástavbové rozměry (hlavně v ose Z)</li><li>- Možná deformace obrobku</li><li>- Nízká produktivita.</li><li>- Nižší přesnost, která hlavně závisí na zkušenostech obsluhy.</li></ul>

#### 4.2.2. Popis upínání

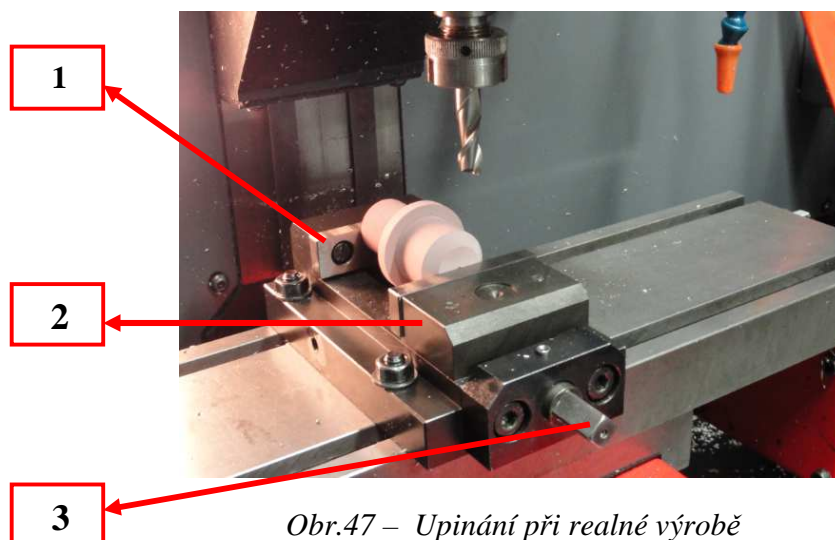
Svěráky jsou tvořeny dvojicí čelistí, z nichž je jedna pevná (1) a druhá posuvná (2). Otáčením trapézového šroubu (3) se posuvná čelist pohybuje a spolu s pevnou čelistí bezpečně svírají obrobek nacházející se mezi nimi – Obr.47



Obr.45 – Frézovací stůl



Obr.46 – Dvě T- drážky

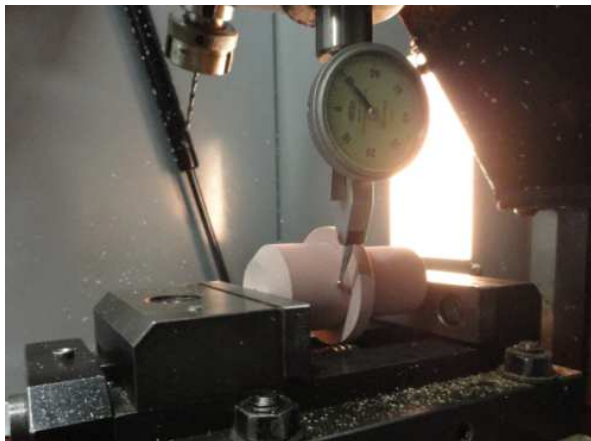


Obr.47 – Upínání při realné výrobě



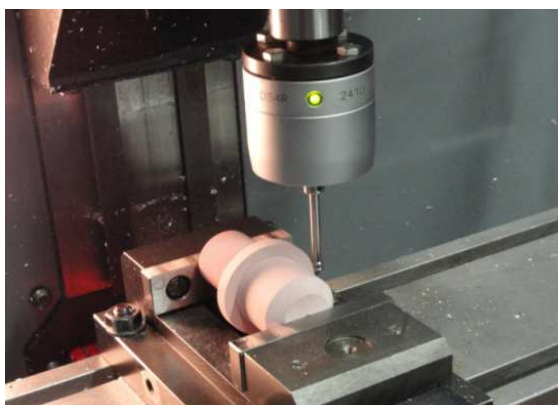
#### 4.2.3. Kontrolování upínání na frézce VMC 100

Další krok je kontrola tuhosti a přesnosti upnutí. Tuhost upnutí je ručně kontrolována. Ke kontrole přesnosti upnutí se používá úchylkoměr vybavený číselníkem, který je umístěn v nástrojové hlavě - obr. 48. Hlavice úchylkoměru s číselníkem je umístěna tak, aby byla v kontaktu s povrchem polotovaru a postupně se pohybovala v podélném směru povrchu. Tímto způsobem zjistíme rozsah odchylky polotovaru podle hodnot, které jsou zobrazeny v průběhu měření. Úchylkoměr s číselníkem má přesnost až 0.01 mm. Měřená hodnota byla 0.04 mm.



Obr.48 – Kontrolování přesnosti upnutí číselníkovým úchylkoměrem.

K měření souřadnic polohy obrobku se používá snímací hlavice, která je také umístěna v nástrojové hlavě podobně jako úchylkoměr s číselníkem - obr. 49. Snímací hlavice se postupně pohybuje do chvíle, kdy se dotkne povrchu součásti, kontakt signalizuje červené a zelené světlo. Zelená: ke kontaktu nedochází, červená: ke kontaktu došlo. Hodnoty souřadnic se zobrazí na obrazovce počítače - obr. 50. V tomto případě nás zajímá pouze souřadnice X a Y. Spotřeba vedlejšího času: cca 8 minut.



Obr.49 – Měření souřadnic snímací hlavicí

CNC REŽIM: ZÁKLADNÍ / MODEL3.ANC			
Os	aktuální souřadnice	zřeteln	od počátku
X	24.030	24.030	
Y	33.142	33.142	
Z	27.035	27.035	
A	0.425	0.425	
B	0.000		
F	0.00		
S	0		
T	10		

Funkce práce			
0%	50%	100%	150%
PLYNULE			
BLOK-BLOK			
USEK-USEK			
SPECIÁLNÍ			
ZÁPIS			

Přechod na			
0%	50%	100%	150%
1120 mm/min			
200 mm/min			

STOP PO BLOKU

Kód 110

program MODEL3.ANC 112 blok

Obr.50 - Hodnoty souřadnic na počítači

#### 4.3. Návrh způsobu upínání na centru Mazak Integrex 100-IV

Upínání obrobků na centru Mazak Integrex 100-IV se provádí automaticky pomocí 3-čelistového sklíčidla. Největší výhodou je rychlé upnutí i kontrola, což výrazně sníží vedlejší čas oproti soustruhu EmcoTurn E120P. Vedlejší čas se dostal při reálném upínání na pouhých 1.5 minuty. Tímto způsobem stroj Mazak Integrex 100-IV je schopen upínat a obrábět dlouhou tyč až s délkou 1000mm

##### Shrnutí vlastností upnutí na centru Mazak Integrex 100 – IV

VÝHODY	NEVÝHODY
<ul style="list-style-type: none"><li>- Možnost upnutí větších a delších obrobků díky velké upínací síle</li><li>- Vysoká produktivita, vysoká přesnost</li><li>- Vysoká tuhost upnutí</li><li>- Vysoká rychlost upnutí obrobku</li><li>- Jednodušší kontrola upínání a zjištění souřadnic oproti upínání pomocí strojního svěráku.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Proces upínání a seřizování je z velké části závislý na zkušenostech obsluhy.</li></ul>

##### 4.3.1. Popis upínání pomocí 3-čelistového sklíčidla

Počáteční kroky se provádí velmi podobně jako při upínání na soustruhu Emco Turn E-120P. Nejdříve je třeba zkontrolovat soustřednost sklíčidla - obr. 51 . Polotovár je umístěn mezi 3 čelisti sklíčidla, následuje upnutí polotovaru sešlápnutím pedálu, který je umístěn na podlaze. Po upnutí je nutno pomalu otáčet vřetenem a pozorovat rotaci obrobku.



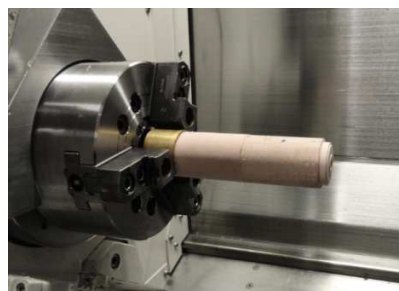
Obr.51 - 3-čelistové sklíčidlo



Obr.52 - Klíče



Obr.53 - Pedály pro řízení upínače

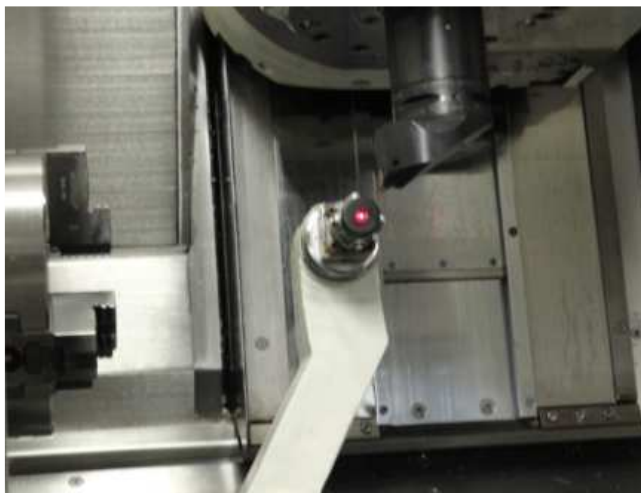


Obr.54 - Upínání při realné výrobě

#### **4.3.2. Kontrola upínání**

##### **4.3.2.1. Zjištění nulového bodu nástroje**

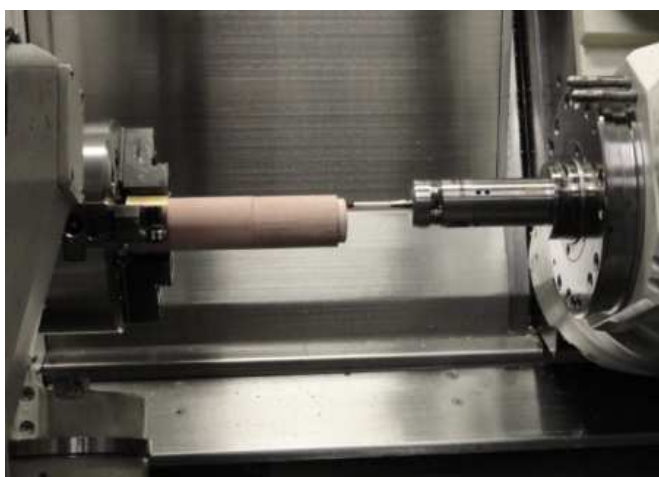
Nulový bod nástroje je třeba stanovit před umístěním polotovaru mezi 3 čelisti sklíčidla. Souřadnice nulového bodu nástroje se měří pomocí tzv. nástrojového oka - obr. 55. Hodnoty souřadnic se zobrazí na obrazovce počítače.



*Obr.55 - Zjištění nulového bodu nástroje*

##### **4.3.2.2. Zjištění souřadnic nulového bodu polotovaru**

Souřadnice nulového bodu polotovaru se měří pomocí snímací hlavice. Snímací hlavice se postupně pohybuje směrem k čelu polotovaru až ke kontaktu s ním. Kontakt je signalizován světelným signálem. Hodnoty souřadnic se zobrazí na obrazovce počítače.



*Obr.56 - Zjištění souřadnici čela polotovaru*



## 5. Výroba součásti na skutečných strojích

Nejprve je nutné přenést vygenerovaný NC kód součásti do řídicího systému. Před samotným obráběním je možné odzkoušet NC program grafickou simulací pohybu nástroje přímo v prostředí řídicího systému. Simulace probíhá bez spuštění stroje, rizika poškození stroje tedy nejsou žádná.

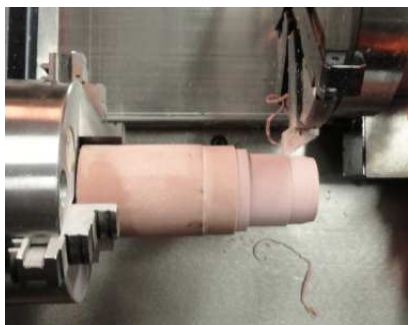
Po odsimulování pohybu je třeba opravit případné chyby, které řídicí systém zvýraznil v NC kódu. Po nutné úpravě NC programu a opětné kontrole simulace se provede finální kontrola obrábění naprázdno, tedy bez polotovaru a otáčení vřeten, pouze pohybem nástroje s cílem kontroly dráhy nástroje při reálné výrobě.

Po finální kontrole se může přistoupit k přípravě stroje k obrábění. Jako polotovar je použita tyč kruhového průřezu z umělého dřeva. Při obrábění umělého dřeva není vhodné používat chladicí kapalinu, protože ji dřevo vsaje do sebe a tím zcela ztratí potřebné vlastnosti. Pro další obrábění se tak stává nepoužitelným. Upínání polotovaru bylo popsáno v kapitole 4. Po upnutí polotovaru a určení souřadnic se může přistoupit k obrábění součásti podle NC programu v CNC režimu. Zde se spustí program, který automaticky provede obrábění. Skutečné obrábění na každém stroji je následně uvedeno.

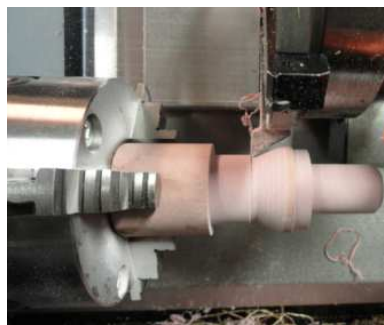
Je zřejmé, že výsledné obrobky z umělého dřeva nebudou mít požadovanou kvalitu a to z důvodu působení velké síly a velkého ohybového momentu obráběcího nástroje na polotovar. Umělé dřevo nepatří mezi pevné materiály.

### 5.1. Soustruh Emco Turn E-120P

U CNC soustruhu EmcoTurn E-120P se používá stolní PC, které je umístěno poblíž řídicího systému. Do tohoto počítače byl soubor s NC kódem přenesen pomocí USB klíčenky, aby operace probíhaly podle dané simulace. Celý proces proběhl bez problémů, bez chybových kolizí a hlášek. Strojní čas se zobrazil na obrazovce stroje a činil 7 minut 56 sekund.



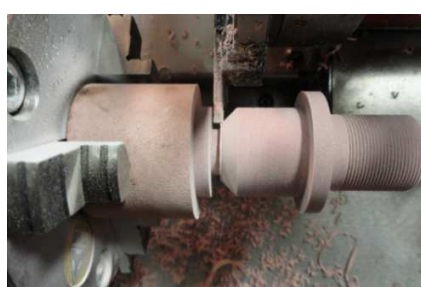
*Obr.57 - Hrubování Ø 24 při realné výrobě*



*Obr.58 - Hrubování Ø 28 při realné výrobě*



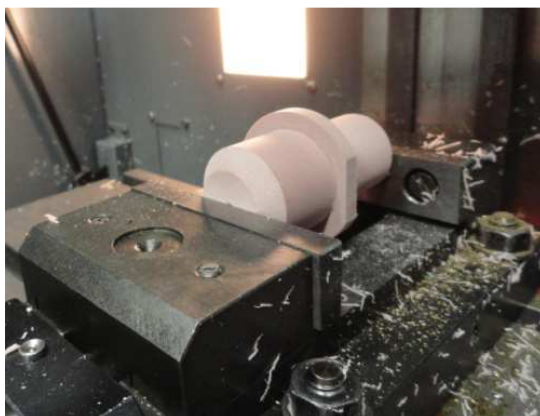
*Obr.59 - Závítování při realné výrobě*



*Obr.60 - Dokončení při realné výrobě*

## 5.2. Frézka VMC 100

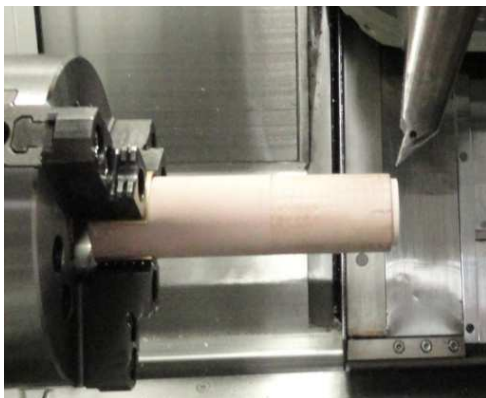
Vygenerovaný NC kód se nahraje pomocí USB klíčenky do řídicího stroje. Systém se skládá z několika obrazů, které mají své určité režimy práce. Celý proces proběhl bez problémů, bez chybových kolizí a hlášek. Strojní čas se také zobrazil na obrazovce stroje a činil 2 minuty 27 sekund.



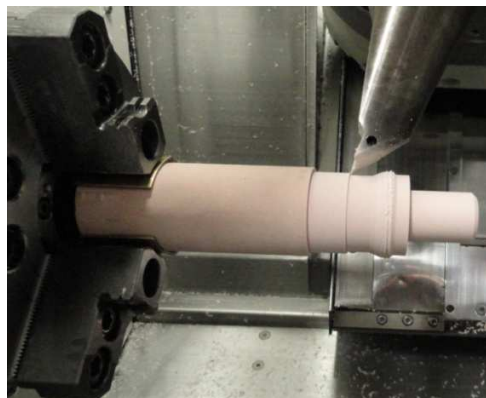
*Obr.61 - Frézování při realné výrobě*

## 5.3. Stroj Mazak Integrex 100-IV

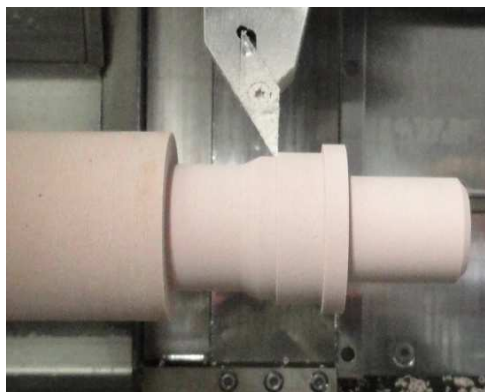
Vygenerovaný NC kód se uložil pomocí USB do řídicího stroje. Celý proces proběhl v pořádku. U stroje Mazak Integrex 100-IV byl jako pravý a levý vnější nůž použit pouze jeden vnější nůž, který je otočen o  $180^0$  a žádaného efektu bude dosaženo změnou směru pohybu vřetena. Proces změny nástrojů se prováděl rychle automaticky. Tyto důležité výhody centra Mazak Integrex 100-IV zkrátí čas pro výměnu nástroje a tím se zkrátí i strojní čas. U stroje Mazak Integrex 100-IV se strojní čas nezobrazil na obrazovce stroje, tady byl stanoven strojní čas zadáním začátku a konce obrábění na hodinách. V tomto případě se získal strojní čas 10 minut a 5 sekund.



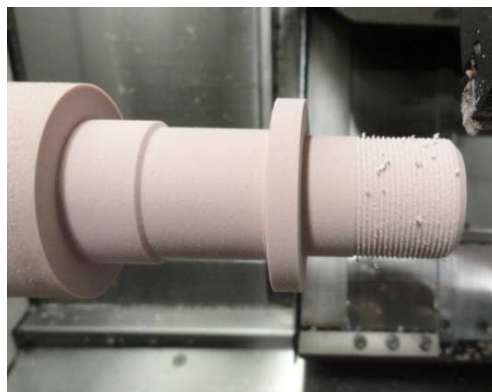
*Obr.62 - Zarovnání čela při realné výrobě*



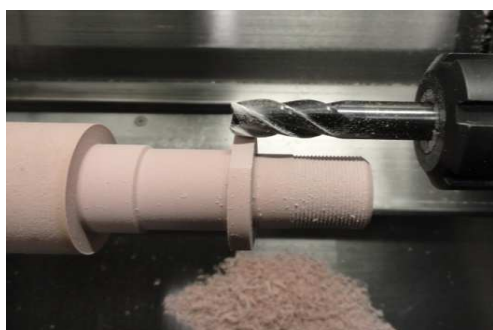
*Obr.63 - Hrubování  $\varnothing 28$  při realné výrobě*



*Obr.64 - Hrubování Ø28 při realné výrobě*



*Obr.65 - Závítování při realné výrobě*



*Obr.66 - Frézování při realné výrobě*



*Obr.67 - Dokončení při realné výrobě*

*Součást na  
Emco Turn E-120P  
a VMC 100*



*Součást na centru  
Mazak Integrex  
100- IV*

*Obr.68 - Skutečné obrobené součásti*

## 6. Výpočet a hodnocení

U obrábění stejné válcové součásti pomocí soustruhu Emco Turn E-120P, frézky VMC 100 a soustružnicko-frézovacího centra Mazak Integrex 100-IV je vypočítávána hodnota efektivity obrábění navržené součásti z údajů získaných při obrábění na těchto strojích. V tomto případě je hodnoceno podle hlavních kritérií: jednotkových časů, času pro přípravu výroby a výrobních nákladů.

### 6.1. Podle jednotkových časů

<div>Stroj</div> <div>Čas</div>	Mazak Integrex 100 – IV	Skupina Emco Turn E120P a VMC 100
Strojní čas	10 minut 5 sekund	U Emco E120P: 7 minut 56 sekund U VMC 100: 2 minut 27 sekund
Vedlejší čas	1 minut 30 sekund	U Emco E120P: 1 minut 30 sekund U VMC 100: 8 minut

Tab. 8 – Hodnota strojních a vedlejších časů

#### ❖ Strojní čas

Strojní čas 10 minut 5 sekund u centra MazakIntegrex 100 – IV byl kratší než u skupiny soustruhu EmcoTurn E120P, frézky VMC 100, který činil 10 minut 23 sekund.

#### ❖ Vedlejší čas

Zde je nutné rozlišovat jednotkové vedlejší časy a dávkové vedlejší časy pro každý stroj.

##### • Vedlejší čas u centra Mazak Integrex 100 – IV

Stroj Mazak Integrex 100-IV je schopen upínat a obrábět dlouhou tyč až délky 1000 mm. To znamená, že vedlejší čas 1 minuta 30 sekund u centra Mazak Integrex 100 – IV byl také vedlejší čas pro jednu dávku nebo dávkový vedlejší čas.

- Výpočtem dostaneme počet kusů na jedno upínání tyče:

$$\frac{1000 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 45 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = 15 \text{ kusů}$$

Kde: 1000 (mm) je maximální délka polotovaru  
50 (mm) je délka části polotovaru pro upnutí  
45 (mm) je část pro upichovací operaci  
60 (mm) je délka navrženého součásti

- Výpočet jednotkového vedlejší času:

$$\frac{1.5 \text{ minut}}{15 \text{ kus}} = 0.1 \text{ minut}$$

Kde: 1.5 (minut) je dávkový vedlejší čas  
15 (kus) je počet kusů na jedno upnutí tyče.

- **Vedlejší čas u skupiny Emco Turn E120P a VMC 100**

- **U soustruhu Emco Turn E120P:**

Soustruh Emco Turn E120P je schopen upínat a obrábět jen krátkou tyč délky 100 mm. To znamená, že je možné obrábět jenom jeden obrobek na jedno upnutí. Tzn. že vedlejší čas 1 minut 30 sekund u soustruhu Emco Turn E120P je i jednotkový vedlejší čas.

- **U frézky VMC 100:**

Manuální upínání na frézce VMC 100 bylo provedeno pro každý kus. To znamená, jednotkový vedlejší čas na frézce VMC 100 byl 8 minut.

❖ **Výpočet jednotkového času**

- **U centra Mazak Integrex 100-IV**

$$10.08 + 0.1 = 10.18 \text{ minut}$$

Kde:

10.08 (minut) je jednotkový strojní čas

0.1 (minut) je jednotkový vedlejší čas

- **U skupiny Emco Turn E120P a VMC 100**

$$(7.93 + 1.5) + (2.45 + 8) = 19.88 \text{ minut}$$

Kde:

7.93 (minut) je strojní čas u soustruhu Emco Turn E120P

1.5 (minut) je vedlejší čas u soustruhu Emco Turn E120P

2.45 (minut) je strojní čas u frézky VMC 100

8 (minut) je vedlejší čas u frézky VMC 100

- **Rozdíl jednotkových časů**

$$19.88 - 10.18 = 9.7 \text{ minut}$$

Kde:

19.88 (minut) je jednotkový čas u skupiny Emco Turn a VMC 100

10.18 (minut) je jednotkový čas u centra Mazak Integrex 100-IV

<div>Stroj</div> <div>Čas</div>	Mazak Integrex 100 – IV	Skupina Emco Turn E120P a VMC 100
Strojní čas	10.08 minut	U Emco E120P: 7.93 minut U VMC 100: 1.5 minut
Vedlejší čas	0.1 minut	U Emco E120P: 2.45 minut U VMC 100: 8 minut
Jednotkový čas	10.18 minut	19.88 minut
Rozdíl jednotkových časů	19.88 – 10.18 = 9.7 minut	

*Tab. 9 - Hodnota strojních a vedlejších časů pro jeden kus*

Jednotkový čas u skupiny Emco Turn E-120P a VMC 100 byl téměř dvakrát větší, to znamená, že produktivita skupiny soustruhu Emco Turn E-120P, frézky VMC 100 byla skoro poloviční než u soustružnicko-frézovacího centra Mazak Integrex 100-IV.

## 6.2. Podle časů pro přípravu výroby

Čas pro přípravu výroby patří k času tvorby technologického postupu, přípravy výroby v CAD/CAM systému, kontrolování NC programů ...

Zde je čas tvorby technologického postupu stejný, protože oba technologické postupy na centru Mazak Integrex 100-IV a skupině Emco Turn E-120P, VMC 100 jsou velmi podobné.

Procesy simulace obrábění v CAD/CAM systému EdgeCAM pro centrum Mazak Integrex 100-IV byly jednodušší, rychlejší, protože celé procesy simulace byly provedeny na jeden postprocesor.

Čas kontrolování NC programů u centra Mazak Integrex 100-IV byl kratší, protože kontroly byly provedeny na jednom jediném stroji.

<div>Stroj</div> <div>Čas</div>	Mazak Integrex 100-IV	Skupina Emco Turn E-120P a VMC 100
Tvorby technologického postupu	1 hodina	1 hodina
Přípravy výroby v CAD/CAM systému	5 hodin	8 hodin
Kontrolování NC programů grafickou simulací pohyby nástroje v prostředí řídicího systému (Bez spouštění stroje).	5 minut	10 minut
Kontrolování NC programů kontrolou dráhy nástroje (Obrábění naprázdno, tedy bez polotovaru a otáčení vřetena)	10 minut	15 minut
Celkem	6 hodin 15 minut	9 hodin 25 minut

Tab. 10 - Tabulka hodnocení časů pro přípravu výroby

Tedy čas pro přípravu výroby navržené součásti u Mazak Integrex 100-IV byl kratší než u skupiny Emco Turn E120P a VMC 100.

### 6.3. Podle výrobních nákladů pro výrobu navržené součásti

Výrobní náklady patří k nákladům přípravy výroby, náklady mzdové obsluhy, náklady energie, náklady materiálu, náklady nástroje a ostatní náklady jako potřebné údržby, opravy...

#### ❖ Náklady tvorby technologického postupu a náklady přípravy výroby v CAD/CAM systému:

- U centra Mazak Integrex 100-IV :

$$(1 + 5) * 200 \left( \frac{\text{kč}}{\text{hodin}} \right) = 1200 \text{ (Kč)}$$

Kde:

$200 \left( \frac{\text{kč}}{\text{hodin}} \right)$  je mzda pracovníka na hodinu

1 (hodina) je čas tvorby technologického postupu

5 (hodin) je čas přípravy výroby v CAD/CAM systému



- U skupiny Emco Turn E120P + VMC 100 :

$$(1 + 8) * 200 \left( \frac{\text{kč}}{\text{hodin}} \right) = 1800 \text{ (Kč)}$$

Kde:

$200 \left( \frac{\text{kč}}{\text{hodin}} \right)$  je mzda pracovníka na hodinu

1 (hodina) je čas tvorby technologického postupu

8 (hodin) je čas přípravy výroby v CAD/CAM systému

#### ❖ Podle nákladů mzdové obsluhy:

Zde byla obsluha rozdělena na obsluhu pro přípravu výroby a obsluhu výroby.

- **Náklad obsluhy pro přípravu výroby:**

Obsluha přípravy výroby byla kontrolování NC programů.

##### ➤ U centra Mazak Integrex 100-IV

$$(5 + 10) * \frac{200 \text{ (kč)}}{60 \text{ (minut)}} = 50 \text{ (Kč)}$$

Kde:

$200 \left( \frac{\text{kč}}{\text{hodin}} \right)$  je mzda pracovníka na hodinu

5 (minut) je čas kontrolování NC programů grafickou simulací pohybů nástroje

10 (minut) je čas kontrolování NC programů kontrolou dráhy nástroje

##### ➤ U skupiny Emco Turn E-120P + VMC 100

$$(10 + 15) * \frac{200 \text{ (kč)}}{60 \text{ (minut)}} = 83.33 \text{ (Kč)}$$

Kde:

$200 \left( \frac{\text{kč}}{\text{hodin}} \right)$  je mzda pracovníka na hodinu.

10 (minut) je čas kontrolování NC programů grafickou simulací pohybů nástroje

15 (minut) je čas kontrolování NC programů kontrolou dráhy nástroje

- **Náklad obsluhy výroby:**

##### ➤ U centra Mazak Integrex 100-IV :

$$10.18 * \frac{200 \text{ (kč)}}{60 \text{ (minut)}} = 33.9 \text{ (Kč)}$$

Kde:

$200 \left( \frac{\text{kč}}{\text{hodin}} \right)$  je mzda pracovníka na hodinu.

10.18 (minut) je jednotkový čas u centra Mazak Integrex 100-IV

##### ➤ U skupiny Emco Turn E-120P + VMC 100 :

$$19.88 * \frac{200 \text{ (kč)}}{60 \text{ (minut)}} = 66.3 \text{ (Kč)}$$

Kde:

$200 \left( \frac{\text{kč}}{\text{hodin}} \right)$  je mzda pracovníka na hodinu.

19.88 (minut) je jednotkový čas u skupiny Emco Turn E-120P + VMC 100



❖ **Energetický náklad:**

Energetický náklady jsou vypočteny na základě odhadu spotřeby energie stroje a ceny el. energie. Elektrický příkon stroje byl 21.7 (kW) u Mazak Integrex 100-IV, 2.2 (kW) u Emco Turn E-120P a 1 (kW) u VMC 100. [2] [3] [5] [15]

• **Energetické náklady pro výrobu jednoho kusu:**

➤ U centra Mazak Integrex 100-IV :

$$20\% * 21.7(\text{kW}) * \frac{10.18}{60}(\text{hodin}) * 2.85 (\text{kč/kWh}) = 2.1 (\text{Kč})$$

Kde: 20% je odhad skutečného příkonu stroje Mazak Integrex 100-IV při obrábění navrženého součásti

21.7 (kW) je elektrický příkon stroje Mazak Integrex 100-IV

10.18 (minut) je jednotkový čas u Mazak Integrex 100-IV

2.85 (Kč/kWh) je cena elektické energie

➤ U skupiny soustruhu Emco Turn E-120P a frézky VMC 100:

$$80\% * 3.2(\text{kW}) * \frac{19.88}{60}(\text{hodin}) * 2.85 (\text{kč/kWh}) = 2.4 (\text{Kč})$$

Kde: 80% je odhad skutečného příkonu skupiny Emco Turn E120P a VMC 100 při obrábění navrženého součásti

3.2 (kW) je elektrický příkon skupiny Emco Turn E120P a VMC 100

19.88 (minut) je jednotkový čas u skupiny Emco Turn E120P a VMC 100

2.85 (Kč/kWh) je cena elektrické energie

Náklad \ Stroj	Mazak Integrex 100 – IV	Skupina Emco Turn E120P a VMC 100
Tvorby technologického postupu a náklad přípravy výroby v CAD/CAM systému	1200 Kč	1800 Kč
Náklady obsluhy pro přípravu výroby	50 Kč	83.33 Kč
Náklady obsluhy pro výrobu	33.9 Kč	66.3 Kč
Energetické náklady	2.1 Kč	2.4 Kč
Materiálové náklady	20 Kč	20 Kč
Nástroje (břitové destičky)	1500 Kč	1200 Kč

Tab.11 - Tabulka hodnocení nákladů pro výrobu navržené součásti

#### 6.4. Návrh nejvhodnějšího CNC stroje pro obrábění navržené součásti

Zde bude použita metoda analýzy bodu zvratu ke srovnávání různých variant technologických postupů, z tohoto bude navržen výběr optimální varianty. Cílem výběru je určit variantu, která vykazuje nejnižší celkové náklady, nebo určit hranici objemu výroby, ve kterých je určitá varianta výhodnější než varianta ostatní. [15]

Celkové náklady se rozlišují na dvě části: variabilní náklady a fixní náklady. Variabilní náklady je část celkových nákladů, která se mění v závislosti na změnách objemu výroby. Fixní náklady jsou druhou částí nákladů, tato část se nemění, je nezávislá na změnách objemu výroby. [15]

##### ❖ Výpočet fixních nákladů:

Fixní náklady jsou součtem odpisů stroje, nákladů na nástroje, nákladů na tvorbu technologických postupů, nákladů přípravy výroby v CAD/CAM systému, nákladů kontrolování NC programů.

##### • U centra Mazak Integrex 100-IV:

$$F_M = \frac{5.000.000}{5} + 100.000 + 1500 + 1200 + 50 = 1\,102\,750 \text{ (Kč)}$$

Kde:

$F_M$  (Kč) je fixní náklad u centra Mazak Integrex 100-IV

5000.000 (Kč) je cena stroje Mazak Integrex 100-IV

5 (let) je odpisová doba stroje

100.000 (Kč) je režie (10% odpisy)

1500 (Kč) je náklady na nástroje

1200 (Kč) je cena tvorby technologického postupu a přípravy výroby v CAD/CAM systému

50 (Kč) jsou náklad na kontrolu NC programů.

##### • U skupiny Emco Turn E120P + VMC 100:

$$F_S = \frac{(600.000 + 400.000)}{5} + 20.000 + 1200 + 1800 + 83.33 = 223\,083 \text{ (Kč)}$$

Kde:

$F_S$  (Kč) je fixní náklad u skupiny Emco Turn E120P + VMC 100

600.000 (Kč) je cena stroje Emco Turn E120P

400.000 (Kč) je cena stroje VMC 100

5 (let) je odpisová doba stroje

20.000 (Kč) je režie (10% odpisy)

1200 (Kč) je cena nástrojů

1800 (Kč) je náklad na tvorbu technologického postupu a přípravy výroby v CAD/CAM systému

83.33 (Kč) je náklad na kontrolu NC programů.

❖ **Výpočet variabilních nákladů na jednotku (na jeden kus)**

Variabilní náklady jsou součtem materiálových nákladů, energetických nákladů, nákladů obsluhy, nákladů výroby.

• **U centra Mazak Integrex 100-IV:**

$$B_M = 20 + 2.1 + 33.9 = 56 \text{ (Kč)}$$

Kde:

$B_M$  (Kč) je variabilní náklad na jednotku u centra Mazak Integrex 100-IV

20 (Kč) je materiálový náklad u centra Mazak Integrex 100-IV

2.1 (Kč) je energetický náklad u centra Mazak Integrex 100-IV

33.9 (Kč) je náklad mzdové obsluhy pro výrobu u centra Mazak Integrex 100-IV

• **U skupiny Emco Turn E120P + VMC 100:**

$$B_S = 20 + 2.4 + 66.3 = 88.7 \text{ (Kč)}$$

Kde:

$B_S$  (Kč) je variabilní náklad na jednotku u skupiny Emco Turn E120P + VMC 100

20 (Kč) je materiálový náklad u skupiny Emco Turn E120P + VMC 100

2.4 (Kč) je energetický náklad u skupiny Emco Turn E120P + VMC 100

66.3 (Kč) je náklad obsluhy pro výrobu u skupiny Emco Turn E120P + VMC 100

❖ **Zjištění bodu zvratu :**

Bod zvratu je odvozen ze vztahu  $N_M = N_S$

$$F_M + (B_M * X) = F_S + (B_S * X)$$

$$\Rightarrow X = \frac{F_M - F_S}{B_S - B_M} = \frac{1102750 - 223083}{88.7 - 56} = 26901 \text{ (kusů)}$$

Kde:

$N_M$  (Kč) je celkový náklad u centra Mazak Integrex 100-IV

$N_S$  (Kč) je celkový náklad u skupiny Emco Turn E120P + VMC 100

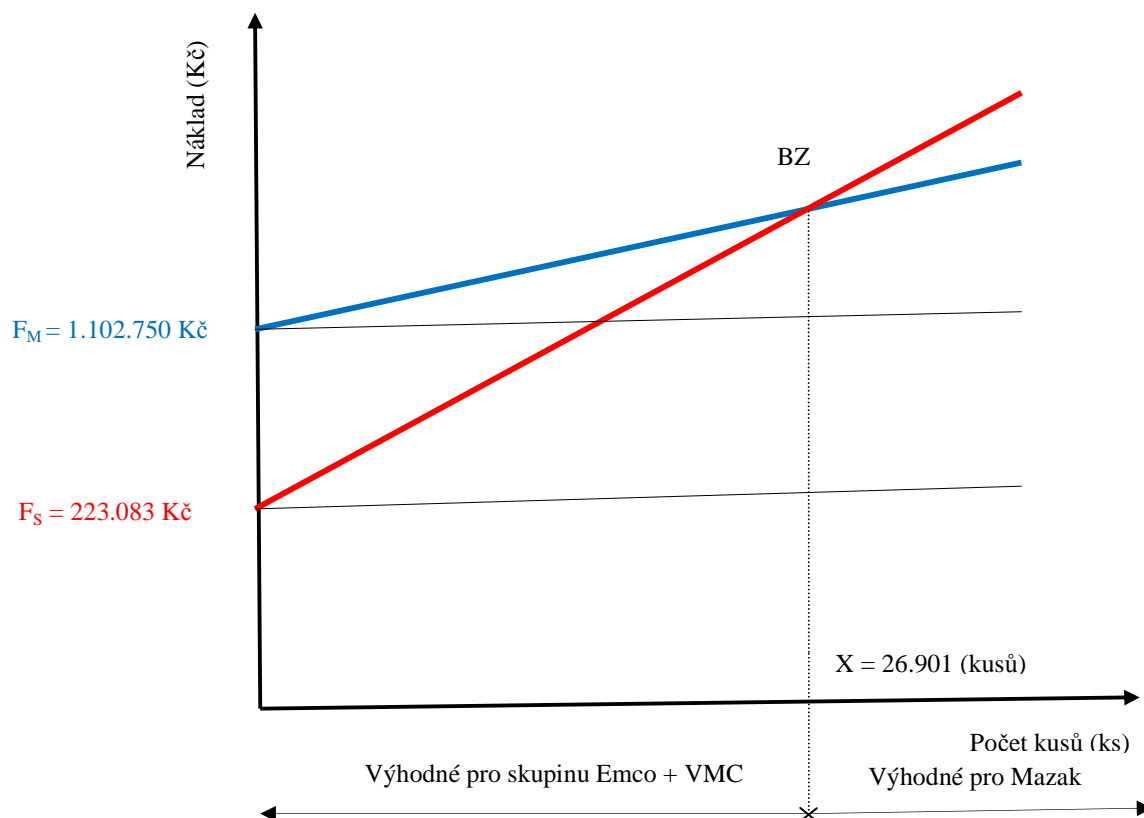
$F_M$  (Kč) je fixní náklad u centra Mazak Integrex 100-IV

$F_S$  (Kč) je fixní náklad u skupiny Emco Turn E120P + VMC 100

$B_M$  (Kč) je variabilní náklad na jednotku u centra Mazak Integrex 100-IV

$B_S$  (Kč) je variabilní náklad na jednotku u skupiny Emco Turn E120P + VMC 100

$X$  (Kus) je počet kusů



Obr. 69 - Diagram hodnocení technologických variant

Tedy skupinu Emco Turn E120P a VMC 100 je z hlediska nákladů výhodnější použít až do objemu 26901 (kusů), stroj Mazak Integrex 100 – IV pro objemy vyšší než 26901 (kusů)

## 7. Závěr

Všechny cíle práce byly splněny. Po přípravě výroby v CAD/CAM systému proběhlo úspěšné obrobení navržené součásti dvěma způsoby. První způsob byl proveden nejprve na skupině strojů, soustruhu Emco Turn E-120P a frézce VMC 100. Při druhém způsobu bylo použito soustružnicko-frézovací centrum Mazak Integrex 100-IV. Po obrobení byly zjištěny všechny hodnoty strojních časů, vedlejších časů a časů pro přípravu výroby. Pomocí výpočtu jednotkových časů a výrobních nákladů, byla zhodnocena efektivita výroby navržené součásti obrobene na výše uvedených strojích. Pomocí analýzy bodu zvratu byla určena hranice objemu výroby. Z určených hodnot je patrné kdy je vhodné použít různé způsoby obrábění. Do počtu cca 27000 kusů je lepší použít skupinu soustruhu Emco Turn E120P a frézky VMC 100. Od vyšších počtů se již více vyplatí použít stroj Mazak Integrex 100-IV.

Postup výpočtu je jednoduchý, ale výsledek nedává tak dobrou představu o skutečnosti, protože se používají odhady režijních nákladů, skutečného příkonu stroje a zanedbávají se ostatní náklady pro potřebnou údržbu a opravy (resp. jsou zahrnuty do celkových režii). Pro přesnější hodnocení efektivy výroby součástí na různých strojích, je třeba navíc zjišťovat ostatní zanedbané náklady, které v tomto případě nebylo možné přesně určit.

Zkušenosti z tohoto tématu je možné uplatnit pro rychlejší práci při hodnocení a porovnávání efektivy výroby součástí na dalších typech CNC strojů.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Keller, P. Programování a řízení CNC strojů. Prezentace přednášek – 2. Část. Katedra výrobních systémů, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2005.
- [2] Vališ, L: Návod na programování CNC soustruhu E120/E120P s řídicím systémem Emcotronic TM02. Brno 1992
- [3] Vališ, L: Návod na programování CNC Frézky VMC-100 s řídicím systémem Emcotronic TM02. Brno 1992
- [4] Popis stroje MAZAK INTEGREX 100-IV  
Dotupsnost z <http://www.misan.cz/mazak/katalog-detail/igx100iv-integrex-100-iv/>
- [5] Technické údaje stroje MAZAK INTEGREX 100-IV  
Dotupsnost z <http://www.mazak.eu/Multi-tasking-machines/Integrex-100-IV>
- [6] Musil, M. Popis EdgeCAM  
Dotupsnost z <http://plarmy.org/cadwiki/images/9/92/PopisEdgeCAM12.pdf>
- [7] Fořt, P. , Kosař, F. : Naučte se EdgeCAM 1.díl 2006  
Dotupsnost z <http://www.designtech.cz/c/cam/naucte-se-edgcam-1-dil.htm>
- [8] Sadílek M. Průmyslové spektrum, dotupsnost z <http://www.mmspektrum.com/clanek/postprocesor-slabe-misto-cam-systemu.html>
- [9] Keller, P. Nastroje\_EMCO  
Dotupsnost z <http://www.kvs.tul.cz/syscadcam>
- [10] Manuály k programu EdgeCAM
- [11] Řasa J., Haněk V., Kafka J. Strojírenská technologie 4. Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže. Scientia Praha 2005.
- [12] Strojírenská technologie. Návrhy upínací přípravy.  
Dotupsnost z <http://d.violet.vn/uploads/resources/573/735364/preview.swf>
- [13] MAISTER prodej nářadí, s.r.o., Karlovy Vary 2009.  
Dotupsnost z <http://www.jak-koupit-sverak.cz/>
- [14] Kapacitní propočty, katedra výrobních systémů, fakulta strojní, TU v Liberci  
Dotupsnost z <http://www.kvs.tul.cz/PI>
- [15] Synek M. a kolektiv. Analýza bobu zvratu, porovnání dva variant investic  
Manažerská ekonomika, čtvrté vydání, Praha 2007.

[16] Odpisové skupiny:

Dotupnost z

[http://www.ceed.cz/podnik\\_ekonomika/invmaj\\_a\\_techrozvoj/543\\_Odpisove\\_skupiny.htm](http://www.ceed.cz/podnik_ekonomika/invmaj_a_techrozvoj/543_Odpisove_skupiny.htm)

## SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESU

### Obsah CD:

- 3D modelu navrženého součásti
- 2D výkres navrženého součásti
- NC kódy
- Simulace obrábění
- Text bakalářské práce ve formátu DOC a PDF

1	2	3	4																																																																																																												
A				A																																																																																																											
B				B																																																																																																											
C				C																																																																																																											
D				D																																																																																																											
E	<p><math>Ra=3.2</math></p>			E																																																																																																											
F	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Rozm.-Polot.</td> <td colspan="2">ROZMER</td> <td colspan="4">POLOTOVAR</td> <td colspan="2">PřESNOST</td> <td colspan="2">PRESNOST</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>c)</td> <td></td> <td>Mater.</td> <td>MATERIAL</td> <td>Tř. odp.</td> <td>TŘ_OD</td> <td colspan="3">TOLEROVÁNÍ ISO 8015</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>b)</td> <td></td> <td>?. hm.</td> <td>kg</td> <td>Hr. hm.</td> <td>kg</td> <td colspan="3">PROMÍTÁNÍ </td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>a)</td> <td></td> <td colspan="7" rowspan="5"> </td> </tr> <tr> <td colspan="2">Změna</td> <td>Datum</td> <td>Index</td> <td>Podpisy</td> </tr> <tr> <td>Mřítko</td> <td>Pozn.</td> <td>Navrhl</td> <td>NGDC NGUYEN</td> <td>Název</td> </tr> <tr> <td>1:1</td> <td></td> <td>Kreslil</td> <td>NGDC NGUYEN</td> <td>SKICA NAVRZENE SOUCASTI</td> </tr> <tr> <td>?.seznamu</td> <td></td> <td>Přezkoušel</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>?.sestavy</td> <td></td> <td>Technolog</td> <td></td> <td>Typ</td> <td colspan="7" rowspan="3"> <div>9</div> </td> </tr> <tr> <td>Starý výkr.</td> <td></td> <td>Normaliz.</td> <td></td> <td>řis.výkresu</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Schválil</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Datum</td> <td>22/5/13</td> <td></td> <td colspan="7">List</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td></td> </tr> </table>			Rozm.-Polot.		ROZMER		POLOTOVAR				PřESNOST		PRESNOST					c)		Mater.	MATERIAL	Tř. odp.	TŘ_OD	TOLEROVÁNÍ ISO 8015						b)		?. hm.	kg	Hr. hm.	kg	PROMÍTÁNÍ						a)									Změna		Datum	Index	Podpisy	Mřítko	Pozn.	Navrhl	NGDC NGUYEN	Název	1:1		Kreslil	NGDC NGUYEN	SKICA NAVRZENE SOUCASTI	?.seznamu		Přezkoušel			?.sestavy		Technolog		Typ	<div>9</div>							Starý výkr.		Normaliz.		řis.výkresu			Schválil					Datum	22/5/13		List							1	2	3	4		F
Rozm.-Polot.		ROZMER		POLOTOVAR				PřESNOST		PRESNOST																																																																																																					
			c)		Mater.	MATERIAL	Tř. odp.	TŘ_OD	TOLEROVÁNÍ ISO 8015																																																																																																						
			b)		?. hm.	kg	Hr. hm.	kg	PROMÍTÁNÍ																																																																																																						
			a)																																																																																																												
Změna		Datum	Index	Podpisy																																																																																																											
Mřítko	Pozn.	Navrhl	NGDC NGUYEN	Název																																																																																																											
1:1		Kreslil	NGDC NGUYEN	SKICA NAVRZENE SOUCASTI																																																																																																											
?.seznamu		Přezkoušel																																																																																																													
?.sestavy		Technolog		Typ	<div>9</div>																																																																																																										
Starý výkr.		Normaliz.		řis.výkresu																																																																																																											
		Schválil																																																																																																													
		Datum	22/5/13		List																																																																																																										
1	2	3	4																																																																																																												